DISAGREGASI CURAH HUJAN PENDEKATAN *BARTLETT LEWIS RECTANGULAR PULSE* (BLRP) DENGAN PROSEDUR *ADJUSTING*
(Studi Kasus pada Stasiun Hujan Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

Oleh:
NOVITA PUTRI KURNIA DEWI
155090507111020

PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DISAGREGASI CURAH HUJAN PENDEKATAN *BARTLETT LEWIS RECTANGULAR PULSE* (BLRP) DENGAN PROSEDUR *ADJUSTING*
(Studi Kasus pada Stasiun Hujan Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya)

Oleh:

NOVITA PUTRI KURNIA DEWI
155090507111020

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal 10 April 2019 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

Dosen Pembimbing Skripsi

Dr. Suci Astutik, S.Si., M.Si.
NIP. 197407221999032001

Mengetahui,
Kerua Jurusan Statistika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197603281999032001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novita Putri Kurnia Dewi
NIM : 155090507111020
Judul Skripsi :

DISAGREGASI CURAH HUJAN PENDEKATAN *BARTLETT LEWIS RECTANGULAR PULSE* (BLRP) DENGAN PROSEDUR *ADJUSTING*
(Studi Kasus pada Stasiun Hujan Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. **Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang tertulis di daftar pustaka.**
2. **Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis adalah terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala risiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 10 April 2019
Yang menyatakan,

Novita Putri Kurnia Dewi
NIM. 155090507111020

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DISAGREGASI CURAH HUJAN PENDEKATAN *BARTLETT LEWIS RECTANGULAR PULSE* (BLRP) DENGAN PROSEDUR *ADJUSTING*
(Studi Kasus pada Stasiun Hujan Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya)

ABSTRAK

Data curah hujan merupakan salah satu informasi yang dapat digunakan dalam pencegahan banjir terutama yang berskala rendah (per-jam). Namun ketersediaan data jenis ini sangat terbatas. Hal ini dikarenakan tidak semua stasiun hujan memiliki alat pengukur curah hujan (*rain gauge*) per-jam yang berharga cukup mahal. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data curah hujan per-jam berdasarkan data curah hujan harian dengan metode disagregasi stokastik *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP). Metode ini diaplikasikan pada data curah hujan hasil pencatatan Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2016. Ada enam parameter BLRP yaitu λ, κ, φ, α, ν, μ_x yang digunakan dalam menghasilkan data curah hujan per-jam. Untuk mempertahankan konsistensi data curah hujan per-jam dengan data curah hujan harian, digunakan metode *proportional adjusting procedure*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode disagregasi pendekatan BLRP dapat menghasilkan data curah hujan per-jam yang konsisten terhadap data curah hujan harian yang dapat dilihat dari nilai MAE sebesar 0,5348 untuk data *in-sample* dan 0,3113 untuk data *out-sample* serta hasil uji komparasi aktual dan bangkitan pada data *in-sample* dan data *out-sample*.

Kata Kunci: curah hujan, disagregasi, BLRP, *adjusting*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

BARTLETT LEWIS RECTANGULAR PULSE (BLRP) APPROACH IN RAINFALL DISAGREGATION METHOD WITH ADJUSTING PROCEDURE
(Case Study at Hydrological Laboratory of Water Engineering Brawijaya University Rain Station)

ABSTRACT

Rainfall data is one of the information that can be used in flood prevention, especially low-scale rainfall data (hourly). However, the availability of hourly rainfall data is very limited since not all rain stations have hourly rain gauges which is quite expensive. This research aims to obtain hourly rainfall data based on daily rainfall data with the Bartlett Lewis Rectangular Pulse (BLRP) stochastic disaggregation method. This method was applied to rainfall data recorded at the Hydrology Laboratory of Brawijaya University Malang in 2016. There are six BLRP parameters, namely λ, κ, φ, α, ν, μ_x were used to produce hourly rainfall data. To maintain the consistency of hourly rainfall data based on daily rainfall data, a proportional adjusting procedure was applied. The results showed that the disaggregation method of the BLRP approach can produce good enough hourly rainfall data that is consistent with daily rainfall data, shown by the MAE value of 0.5348 for in-sample and 0.3113 for out-sample and also from comparison test from actual data and generated data for in-sample and out-sample.

***Keywords*:** rainfall, disaggregation, BLRP, adjusting.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Disagregasi Curah Hujan Pendekatan *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP) dengan Prosedur *Adjusting*". Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari doa, dukungan, motivasi, kerjasama maupun bimbingan dari berbagai pihak yang ikut serta. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Suci Astutik, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan waktu, saran, dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Ibu Dr. Ir. Maria Bernadetha Theresia M., selaku Penguji I dan Prof. Dr. Ir. Henny Pramoedyo, MS, selaku Penguji II yang telah memberikan saran dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Achmad Efendi, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Sarjana Statistika FMIPA Universitas Brawijaya.
4. Ibu Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA Universitas Brawijaya.
5. Semua dosen Statistika atas bimbingan ilmu yang telah diberikan dan semua staf, laboran, tata usaha jurusan Statistika UB atas bantuan selama ini.
6. Papah Titis, Mamah Ida, Mas Deva, Adik Graviska dan semua anggota keluarga atas doa, dukungan dan kasih sayang.
7. Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan UB Malang yang telah memberikan data dalam penelitian ini.
8. Sicha, Mbak Vika, Mbak Ayu dan Irma atas doa, motivasi dan dukungan yang diberikan.
9. Anita, Nawang, Candra, Debby, Mila, Lidia, Ipeh, Usi, Retno dan Ais, atas motivasi, dukungan serta doa yang telah diberikan.
10. Teman satu bimbingan Bu Suci yaitu Durrah, Roma, Ivo, Annisa, Ulva dan semua teman Statistika UB 2015 atas doa, bantuan dan partisipasi dalam penyelesaian skripsi ini.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

11. Teman dan adik tingkat satu divisi Event Organizer SS 2018 atas dukungan dan doa yang diberikan.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Malang, 10 April 2019

Penulis

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

Hal.

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI ..... **ii**
LEMBAR PERNYATAAN ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Manfaat Penelitian 3
1.5. Batasan Masalah 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1. Distribusi Data 5
2.1.1. Distribusi Gamma 5
2.1.2. Distribusi Eksponensial 5
2.1.3. Distribusi Geometri 6
2.2. Proses Stokastik 6
2.2.1. Proses Poisson 7
2.3. Pemodelan Curah Hujan Pendekatan Stokastik Model *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP) 7
2.3.1. Pengertian Model *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP) 7
2.3.2. Pendugaan Parameter 10
2.3.3. Uji Kebaikan Model 12
2.4. Metode Disagregasi 13
2.5. Prosedur *Adjusting* 15
2.7. Uji *t* 16
2.8. Historis Data 18
2.8.1. Hidrologi 18
2.8.2. Hujan 18

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Hal.

BAB III METODE PENELITIAN 21
3.1. Sumber Data 21
3.2. Metode Analisis 21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1. Eksplorasi Data 25
4.2. Pengujian Identifikasi Statistik Curah Hujan 26
4.3. Pendugaan Parameter *Bartlett Lewis Rectangular Pulse Model* (BLRP) 27
4.4. Metode Disagregasi 28
4.4.1.Prosedur *Adjusting* 29
4.4.2.Pembangkitan Data *Out-sample* 30
4.5. Identifikasi Karakteristik Data Aktual dan Data Bangkitan 32

BAB V PENUTUP 35
5.1. Kesimpulan 35
5.2. Saran 35

DAFTAR PUSTAKA 37
LAMPIRAN 41

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

Hal.

Gambar 2.1. Representasi Skematik Kejadian Hujan berdasarkan Parameter Bartlett Lewis Rectangular Pulse 8
Gambar 2.2. Representasi Skematik Parameter Bartlett Lewis Rectangular Pulse dalam Satu Storm 9
Gambar 2.3. Skema Metode Disagregasi 15
Gambar 3.1. Diagram Alir Disagregasi....23
Gambar 4.1. Plot Curah Hujan Per-Jam Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2016 25
Gambar 4.2. Plot Curah Hujan Harian Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2016 26
Gambar 4.3. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Per-jam Malang tahun 2016....29
Gambar 4.4. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Harian Malang tahun 2016....30
Gambar 4.5. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Per-jam Malang tahun 2017....31
Gambar 4.6. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Harian Malang tahun 2017....31

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

Hal.

Tabel 2.1. Batas Atas Bawah dan Sebaran Parameter BLRP 10
Tabel 2.2. Struktur Data Curah Hujan pada Metode Disagregasi. ..14
Tabel 4.1. Statistik Data Curah Hujan Per-jam 26
Tabel 4.2. Parameter Modifikasi BLRP 27
Tabel 4.3. Perbandingan Karakteristik Data Curah Hujan Aktual dan Bangkitan Per-jam Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2016 (*in-sample*) .32
Tabel 4.4. Perbandingan Karakteristik Data Curah Hujan Aktual dan Bangkitan Per-jam Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2017 (*out-sample*) 33

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR LAMPIRAN

Hal.

Lampiran 1. Data Aktual Curah Hujan Harian ($\boldsymbol{Z_i}$) Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang (mm) Januari 2016 - Desember 2016 (*in-sample*) 41

Lampiran 2. Data Aktual ($\boldsymbol{Y_t}$) dan Bangkitan Curah Hujan Per-jam ($\boldsymbol{\widehat{Y}_t}$) Januari 2016 – Desember 2016 (*in-sample*) 43

Lampiran 3. Data Bangkitan Curah Hujan Harian ($\boldsymbol{\widetilde{Z}_i}$) Januari 2016 – Desember 2016 (*in-sample*) 44

Lampiran 4. Data Aktual Curah Hujan Harian ($\boldsymbol{Z_i}$) Januari 2017 – Desember 2017 (*out-sample*) 46

Lampiran 5. Data Aktual ($\boldsymbol{Y_t}$) dan Bangkitan Curah Hujan Per-jam ($\boldsymbol{\widehat{Y}_t}$) Januari 2017 – Desember 2017 (*out-sample*) 48

Lampiran 6. Data Bangkitan Curah Hujan Harian ($\boldsymbol{\widetilde{Z}_i}$) Januari 2017 – Desember 2017 (*out-sample*) 49

Lampiran 7. Bahasa Pemrograman R (Christoph Ritschel, 2017) dan *output* 51

Lampiran 8. Pembangkitan dengan Progam *Hyetos* (D. Koutsoyiannis dan C. Onof, 1993) dan *output* 67

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Letak geografis dan kondisi topografi merupakan penentu iklim suatu tempat di bumi. Letak wilayah Indonesia di lewati garis khatulistiwa. Garis khatulistiwa menunjukkan letak matahari berada tepat di atas kepala pada tengah hari. Kondisi ini membuat durasi masa siang hari sama sepanjang tahun kira-kira 12 jam. Kondisi geografis tersebut membuat Indonesia memiliki iklim tropis. Menurut Boer (2008) dalam Pramudia, dkk (2013), Indonesia merupakan negara kepulauan dengan bentuk topografi yang sangat beragam sehingga pengaruh terhadap keragaman iklim di Indonesia diperhatikan.

Indonesia memiliki iklim tropis basah yang dipengaruhi angin monsun (*monsoon*) sehingga memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Rata-rata curah hujan tahunan sangat beragam, mulai kurang dari 1.000 mm/tahun di kawasan semi-arid tropik, 1.780-3.175 mm/tahun di dataran rendah, hingga 6.100 mm/tahun di kawasan pegunungan (Pramudia, dkk, 2013). Musim penghujan di Indonesia sering diiringi dengan angin kencang, sehingga hujan deras sering terjadi. Banjir dan tanah longsor merupakan ancaman yang dikhawatirkan jika hujan deras terjadi. Banjir menimbulkan banyak kerugian, di antaranya penjebolan tanggul, penggenangan air di jalan dan aktivitas penduduk yang terhambat. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan pencegahan banjir dengan mengetahui informasi tinggi curah hujan pada periode-periode sebelum sesuai pada daerah resapan air atau penampungan air hujan.

Informasi mengenai perkiraan cuaca sangat dibutuhkan untuk menangani permasalahan terjadinya banjir. Kemudahan mendapat informasi berikut dapat dilihat melalui media sosial yang saat ini sudah sangat cepat memberikan informasi terbaru. Terdapat informasi perkiraan cuaca yang disajikan setiap hari membantu penduduk dalam mempersiapkan aktivitas pada hari tersebut. Perbedaan suhu serta kecepatan angin siang dan malam mempengaruhi informasi cuaca secara tiba-tiba. Informasi cuaca yang dihasilkan setiap stasiun curah hujan setiap DAS (Daerah

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Aliran Sungai) diukur berdasarkan alat yang dimiliki, seperti radar cuaca, alat ukur hujan otomatis (AUHO) dan sensor *remote*. Keterbatasan alat ukur pada skala waktu rendah (per-jam) yang dimiliki menjadi salah satu faktor terganggunya ketepatan informasi curah hujan dalam mendeteksi datangnya banjir. Kondisi ini sangat umum dijumpai di Indonesia, karena ketersediaan data hujan resolusi tinggi yang diperoleh dari alat ukur hujan otomatis sulit didapatkan. Tidak semua stasiun memiliki alat pengukur curah hujan skala waktu rendah (per-jam) karena biaya alat yang mahal dan butuh waktu lama dalam pencatatan. Menurut Harto (1993), ada dua jenis instrumen pengukur hujan (*rain gauge*), yaitu penakar hujan biasa (*manual rain gauge*) dan penakar hujan otomatis (*automatic rain gauge*).

Melihat kepentingan data curah hujan skala waktu rendah (per-jam), maka untuk mendapatkan data tersebut dapat dilakukan dengan mendisagregasikan data hujan harian yang tersedia ke dalam data hujan skala waktu rendah (per-jam) sesuai prosedur metode disagregasi. Metode disagregasi adalah metode atau proses pembangkitan data curah hujan yang melibatkan dua skala waktu curah hujan yaitu tinggi dan rendah dengan syarat deret skala waktu rendah menunjukkan konsistenan terhadap data skala waktu tinggi.

Metode disagregasi dilakukan dengan dua tahap, pertama adalah pemodelan kemudian pembangkitan data. Model disagregasi pada data yang melibatkan informasi waktu (*time*) disebut dengan disagregasi *temporal*. Tahap pertama, yaitu pemodelan data curah hujan dapat dilakukan dengan model stokastik, model deret waktu, model regresi atau model logistik. Dalam pemodelan curah hujan secara stokastik terdapat dua macam pemodelan, yaitu *Neyman Scott Rectangular Pulse* (NSRP) dan *Bartlett Lewis Rectangular Pulse*. Pada penelitian sebelumnya pemodelan deret waktu dengan pendekatan ARIMA telah dilakukan oleh Susanto dan Sutijo (2016), pemodelan dengan regresi didekati dengan metode *Least Square Non Linear* telah dilakukan oleh Ikhwan (2010), sedangkan pemodelan dengan model logistik juga telah dilakukan. Pemodelan secara stokastik *Neyman Scott Rectangular Pulse Model* dengan prosedur *adjusting* telah dilakukan oleh Mangare (2017), sedangkan Hidayah, dkk (2010), telah memodelkan data curah hujan dengan pendekatan *time series* PAR(1) yang menghasilkan bahwa prosedur *adjusting* dalam menjaga konsistensian serta menjelaskan kejadian hujan dan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

tidak hujan pada penelitian. Pendekatan stokastik *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* juga telah dilakukan oleh Harisaweni, dkk (2016) yang diterapkan pada dua lokasi di Malaysia yang mempunyai iklim tropis dengan program *Hyetos*, sehingga pada penelitian ini peneliti menggunakan pemodelan *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* yang diterapkan pada iklim tropis di Indonesia.

Tahap kedua pada metode disagregasi ini adalah pembangkitan data berdasarkan sebaran setiap parameter. Kemudian untuk mempertahankan konsistensi data hasil bangkitan terhadap aktual, prosedur *adjusting* diterapkan. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan disagregasi curah hujan pendekatan *Bartlett Lewis Rectangular Pulse Model* dengan prosedur *adjusting* pada hasil pengukuran curah hujan oleh Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya Malang.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pembangkitan data curah hujan skala waktu rendah (per-jam) berdasarkan data skala waktu tinggi (harian) sebagai *input* dengan metode disagregasi pendekatan *Bartlett Lewis Rectangular Pulse model*?
2. Bagaimana perbandingan karakteristik (rata-rata dan ragam) data hasil bangkitan curah hujan skala waktu rendah (per-jam) dengan data aktual?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Membangkitkan data curah hujan skala waktu rendah (per-jam) berdasarkan data skala waktu tinggi (harian) sebagai *input* dengan metode disagregasi pendekatan *Bartlett Lewis Rectangular Pulse model*.
2. Membandingkan karakteristik data hasil bangkitan curah hujan skala waktu rendah (per-jam) terhadap data aktual.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini akan menunjukkan data hasil bangkitan curah hujan skala waktu rendah (per-jam) telah merepresentasikan data aktual berdasarkan karakteristik.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan skala waktu tinggi (harian) dan skala waktu rendah (per-jam) yang diperoleh dari hasil pengukuran Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya Malang pada satu lokasi mulai 1 Januari 2016 hingga 31 Desember 2017.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Distribusi Data

Pengecekan distribusi data curah hujan diperlukan karena termasuk salah satu hal penting dalam konsep hidrologi. Data curah hujan selalu menunjukkan hasil pencatatan yang tidak pasti. Hal ketidakpastian tersebut yang harus diminimalisir agar kesalahan pemodelan berkurang yang dihitung dari selisih data aktual dengan data bangkitan.

Hasil pengukuran curah hujan memiliki distribusi kontinu karena termasuk data kontinu. Menurut Shoji dan Kitaura (2006), distribusi yang sesuai yaitu distribusi Normal, distribusi Log normal, distribusi Eksponensial, dan distribusi Weibull. Groisman, dkk. (1999), menambahkan bahwa data curah hujan harian dapat didekati dengan distribusi Gamma atau Gumbel.

2.1.1. Distribusi Gamma

Berikut contoh pendekatan distribusi Gamma terhadap data:

a. Dalam perhitungan pada penerapan teori antrian dan keandalan
b. Kejadian antar waktu dalam telepon

Persamaan matematik distribusi Gamma bergantung pada dua parameter α dan β. Persamaan serta nilai harapan dan ragam dari peubah acak x distribusi Gamma tertera pada persamaan 2.1.

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx & , x \geq 0 \quad \alpha, \beta > 0 \\ 0 & , \text{selainnya} \end{cases} \tag{2.1}$$

$$E(x) = \alpha\beta \qquad Var(x) = \alpha\beta^2$$

2.1.2. Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial merupakan salah satu distribusi yang menjelaskan waktu antar kejadian pada proses Poisson, di mana kejadian secara kontinu dan saling bebas konstan terhadap nilai tengahnya. Distribusi Eksponensial merupakan distribusi Gamma dengan nilai $\alpha = 1$. Menurut Shoji dan Kitaura (2006), distribusi Eksponensial lebih sesuai untuk data curah hujan bulanan. Berikut

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

contoh pendekatan data dengan distribusi Eksponensial (Puspita, 2014).

a. Dalam teori antrian, jarak antar kedatangan pelanggan di fasilitas pelayanan (seperti bank, loket tiket kereta api, tukang cukur)
b. Lama waktu penggunaan suatu suku cadang dan alat listrik

Persamaan 2.2 merupakan persamaan serta nilai harapan dan ragam dari peubah acak x distribusi Eksponensial bergantung pada satu parameter β.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}} & , x \geq 0 \ \beta = \frac{1}{\lambda} \\ 0 & , \text{selainnya} \end{cases} \tag{2.2}$$

$$E(x) = \beta \qquad Var(x) = \beta^2$$

2.1.3. Distribusi Geometri

Distribusi Geometri berkaitan dengan *Bernoulli* dan distribusi binomial (Ghahramani, 2005). Distribusi Geometri digunakan untuk menentukan peluang terjadi kejadian sukses pertama (p) setelah berulang kali percobaan. Persamaan 2.3 merupakan persamaan serta nilai harapan dan ragam dari peubah acak x distribusi Geometri bergantung pada satu parameter p.

$$f(x) = \begin{cases} (1-p)^{x-1} p & , 0 < p < 1 \\ 0 & , \text{selainnya} \end{cases} \tag{2.3}$$

$$E(x) = \frac{1}{p} \qquad Var(x) = \frac{1-p}{p^2}$$

2.2. Proses Stokastik

Proses stokastik adalah sekumpulan kejadian Y_t di mana t merupakan himpunan bagian dari T yang menyatakan waktu. Satu nilai t dari T disebut indeks atau parameter waktu, sedangkan Y_t menjelaskan semua kemungkinan nilai yang dapat terjadi atau disebut dengan ruang keadaan. Menurut Zitkovic (2010) proses stokastik berdasarkan waktu dibagi menjadi dua yaitu proses stokastik dalam waktu diskrit dan proses stokastik dalam waktu kontinu. Proses stokastik kontinu menyatakan $T = [0, \infty]$. Proses

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

stokastik meliputi rantai Markov, proses Poisson, sistem antrian, dan teori Risiko.

2.2.1. Proses Poisson

Menurut Walpole (1982), percobaan yang menghasilkan nilai-nilai bagi suatu peubah acak X, yaitu banyaknya hasil percobaan yang terjadi selama suatu selang waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu, sering disebut percobaan Poisson atau kejadian Poisson. Bilangan X yang menyatakan banyaknya hasil percobaan dalam suatu percobaan Poisson disebut peubah acak Poisson. Dimana proses yang menjelaskan kejadian Poisson disebut proses Poisson dan distribusi peluangnya disebut distribusi Poisson.

Menurut Yitnosumarto (1990) dalam contoh kasus deringan telepon, jika dalam suatu selang waktu (0,t) terjadi deringan sebanyak X_t, di mana

$$X_t = 0,1,2,\ldots$$

dengan nilai tengah atau rata-rata terjadinya dering dalam selang waktu tertentu disebut μ, maka sebaran peluangnya adalah

$$P(X = x) = \frac{e^{-\mu}\mu^x}{x!} \quad , \quad x = 0,1,2,\ldots$$

2.3. Pemodelan Curah Hujan Pendekatan Stokastik Model *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP)

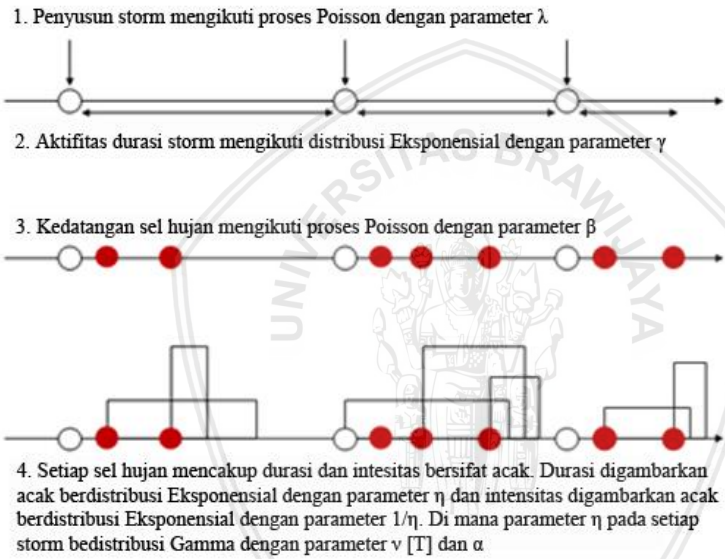
2.3.1. Pengertian Model *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP)

Model *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP) dan *Neyman Scott Rectangular Pulse* (NSRP) merupakan model pendekatan stokastik dalam pengolahan data curah hujan. Model stokastik BLRP digunakan untuk mendeskripsikan *cluster* kejadian dalam ruang atau waktu (menurut proses Poisson) dengan kata kunci yaitu kelompok kejadian. Model *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* termasuk model *cluster* Poisson untuk menyimulasikan peristiwa curah hujan melalui *clusters of rectangular pulse* yang terjadi dalam waktu terus menerus (Kossieris dkk, 2018). Pada model hujan stokastik ini proses terjadinya hujan dihitung pada setiap *cluster* atau kelompok, yang disebut *storm* (Yendra, 2014), sehingga dapat memberikan informasi lengkap mengenai peristiwa hujan karena data berupa curah hujan dengan skala waktu rendah per-jam dan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

tinggi harian. Model BLRP sesuai digunakan untuk kasus yang melibatkan skala waktu berbeda (Gyasi-Agyei, 1999).

Menurut Rodriguez-Iturbe dkk. (1987), asumsi mendasar mengenai mekanisme *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* disajikan pada Gambar 2.1. Pada penelitian ini *storm* (kelompok kejadian) menjelaskan mengenai sekumpulan hujan yang terjadi pada interval atau durasi waktu tertentu yaitu, per-hari. Pada setiap *storm* terdapat sel-sel hujan dengan durasi dan intesitas yang bersifat acak dengan distribusi tertentu. Istilah sel hujan menjelaskan kejadian-kejadian turunnya hujan pada setiap *storm*-nya.



Gambar 2.1. Representasi Skematik Kejadian Hujan berdasarkan Parameter *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (Sumber: Rodriguez-Iturbe dkk, 1987)

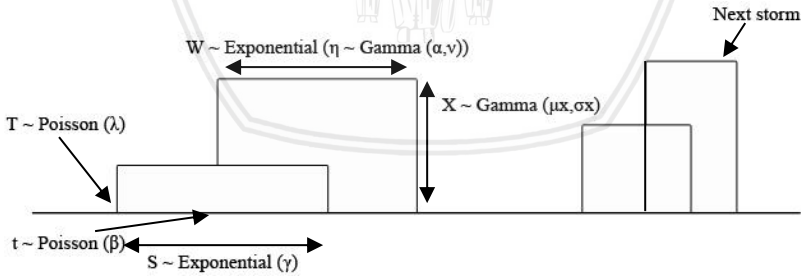
Berdasarkan Gambar 2.1, berikut merupakan keterangan dari setiap parameter dalam skematik tersebut.

1. Kedatangan *storm*, t_i mengikuti proses Poisson dengan parameter λ dan setiap *storm* i digabungkan dengan sel yang bersifat acak.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2. Dalam setiap *storm* i, terdapat sel t_{it} yang mengikuti proses Poisson dengan parameter β.
3. Dalam setiap *storm* i, sekumpulan sel berakhir setelah rentang waktu v_i yang mengikuti distribusi Eksponensial dengan parameter γ.
4. Setiap sel memiliki durasi w_{it} yang mengikuti distribusi Eksponensial dengan parameter η.
5. Setiap sel memiliki intensitas X_{it} yang secara seragam mengikuti distribusi Eksponensial dengan rata-rata μ_x.

Struktur model menjelaskan bahwa banyaknya sel pada setiap *storm* mempunyai rata-rata μ_c. Model ini baik untuk *storm* dan sel yang saling tumpang-tindih (Kossieris dkk, 2016). Selanjutnya menurut Rodriguez-Iturbe dkk. (1987), intensitas hujan pada setiap *storm* digolongkan sebagai peubah acak yang tetap konstan di sepanjang durasi hujan, sehingga sel hujan dimodelkan dengan *rectangular pulse* dan dicirikan oleh lima parameter konstan, yaitu λ, β, γ, η dan μ_x. Kemudian lima parameter ini dijabarkan menjadi enam parameter modifikasi BLRP yaitu λ, κ, φ, α, ν dan μ_x. Penjabaran menjadi enam parameter ini akan dijadikan *input* dalam pembangkitan dengan paket program *Hyetos*. Untuk mempermudah penggambaran parameter serta model curah hujan setiap *storm* disajikan Gambar 2.2. Batas atas dan bawah serta sebaran setiap parameter BLRP disajikan pada Tabel 2.1.



Gambar 2.2. Representasi Skematik Parameter *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* dalam Satu *Storm*
(Sumber: Hanaish dkk, 2011)

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 2.1. Batas Atas Bawah dan Sebaran Parameter BLRP

Parameter	Sebaran	Satuan	Batas Bawah	Batas Atas
λ	Poisson	1/jam	0,00001	0,1
$\kappa=\beta/\eta$	Poisson	Sel	0,00001	20
$\varphi=\gamma/\eta$	Eksponensial	Sel	0,00001	0,99999
α	Ekpsonensial	Sel	1,00001	20
ν	Eksponensial	1/jam	0,00001	20
μ_x	Eksponensial	mm/jam	0,00001	100

2.3.2. Pendugaan Parameter

Pendugaan parameter didekati dengan karakteristik statistika. Ada empat karakteristik yang dihasilkan dalam proses estimasi. Karakteristik statistika tersebut adalah rata-rata, ragam, *lag*-1 autokovarian dan proporsi hari kering. Menurut Koutsoyiannis dan Onof (2001) simulasi model dengan enam parameter dapat dilakukan dengan prosedur yang memberikan hasil rata-rata, ragam, *lag*-1 autokovarian dan proporsi hari kering (proporsi hari tidak hujan). Metode yang digunakan dalam pendugaan parameter adalah metode momen. Rata-rata sebagai momen pertama dan ragan sebagai momen pusat kedua.

Persamaan model BLRP menghubungkan dengan enam parameter BLRP seperti yang disajikan pada persamaan 2.4 hingga 2.7 (Rodriguez-Iturbe dkk, 1988). Proses agregasi Y_j^h, di mana Y adalah jumlah kumulatif curah hujan dalam h jam interval waktu yang dilakukan pada per bulan-j. Tingkat waktu agregasi (h) yakni: 1 jam (informasi mengenai sel) dan 24 jam (informasi mengenai *storm*). Agregasi setiap jam proses disagregasi dijelaskan pada persamaan 2.4 hingga 2.7.

$$E\left(Y_j^h\right)=\frac{\lambda h v \mu_x \mu_c}{\alpha-1}, \tag{2.4}$$

$$\begin{aligned} Var\left(Y_j^h\right) &= 2A_1\left[(\alpha-3)hv^{2-\alpha}-v^{3-\alpha}+(v+h)^{3-\alpha}\right] \\ &\quad -2A_2\left[\varphi(\alpha-3)hv^{2-\alpha}-v^{3-\alpha}+(v+\varphi h)^{3-\alpha}\right], \end{aligned} \tag{2.5}$$

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

$$Cov\left(Y_j^h, Y_{j+1}^h\right) = A_1\{\left[v+(m+1)h\right]^{3-\alpha} - 2(v+mh)^{3-\alpha}$$
$$+\left[v+(m-1)h\right]^{3-\alpha}\} - A_2\{\left[v+(m+1)\varphi h\right]^{3-\alpha}$$
$$-2(v+m\varphi h)^{3-\alpha} + \left[v+(m-1)\varphi h\right]^{3-\alpha}\}, \qquad (2.6)$$

$$A_1 = \frac{\lambda\mu_c v^\alpha}{(\alpha-1)(\alpha-2)(\alpha-3)}\left[E\left(X^2\right) + \frac{\kappa\varphi\mu_x^2}{\varphi-1}\right],$$

$$A_2 = \frac{\lambda\mu_c\kappa\mu_x^2 v^\alpha}{\varphi^2\left(\varphi^2-1\right)(\alpha-1)(\alpha-2)(\alpha-3)},$$

$$P\left(Y_j^h = 0\right) = \exp\left\{-\lambda h - \lambda\mu_T + \lambda G_p^*(0,0)\frac{\varphi+\kappa\left[\dfrac{v}{v+(\kappa+\varphi)h}\right]^{\alpha-1}}{\varphi+\kappa}\right\}$$

(2.7)

$$G_p^*(0,0) \approx \frac{v}{\varphi(\alpha-1)}\left(1-\kappa-\varphi+\frac{3}{2}\kappa\varphi+\varphi^2+\frac{1}{2}\kappa^2\right)$$

di mana

m : *Lag* autokorelasi
h : Tingkat waktu agregasi
j : Periode waktu per bulan ($j = 1,2, \ldots 12$)
λ : Parameter kedatangan setiap *storm* (t_i)
κ : Notasi persamaan untuk mendapat μ_c=1+κ/φ
φ : Notasi persamaan untuk mendapat μ_c=1+κ/φ
α : Parameter skala dari η durasi setiap sel (w_{it})
v : Parameter bentuk dari η durasi setiap sel (w_{it})
μ_x : Parameter rata-rata intensitas sel (X_{it})
μ_c : Rata-rata banyaknya sel (X_{it}) pada *storm*

Proses iterasi dilakukan pada pendugaan parameter dengan meminimumkan jumlah kuadrat eror antara model yang terbentuk

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

dengan model data aktual pada fungsi objektif pada persamaan 2.8. Melalui persamaan 2.4 hingga 2.7 didapatkan momen pada selang waktu berbeda (Yendra dkk, 2015).

$$Z(X) = \min\left[\sum_{j=1}^{12} w_j \left\{\left[1 - \frac{F_i(X)}{F_i^{'}}\right]^2\right\}\right] \tag{2.8}$$

di mana

$Z(X)$: Fungsi objektif

w_j : Pembobot w_j = 1

$F_i{}'$: Statistik dari data

$F_i(X)$: Hasil perhitungan statistik

j : Periode bulanan $j = 1,2, \ldots\ 12$

Momen bergantung pada model enam parameter pada setiap akumulasi waktu. Persamaan 2.8 merupakan fungsi objektif dari metode momen enam parameter. Persamaan ini digunakan untuk mencari model parameter yang dapat meminimumkan fungsi objektif dan mengkalibrasi model yang terbentuk ke dalam data curah hujan aktual.

Optimasi fungsi objektif dilakukan dengan metode *evolusioner annealing simpleks* (eas). Optimasi ini dilakukan pada fungsi objektif. Tujuan untuk meminimumkan fungsi objektif dengan adanya batasan kendala meliputi batas atas dan batas bawah model yang tertera pada Tabel 2.1. Algoritma fungsi eas dalam bahasa R terdapat pada Lampiran 7.

2.3.3. Uji Kebaikan Model

Suatu model patut dipertimbangkan kebaikan agar dapat meminimumkan kesalahan pemodelan (selisih data aktual dengan data bangkitan). Salah satu kriteria penentu kebaikan model adalah MAE (*Mean Absolute Error*) MSE, RMSE, WMSE dan WMAE.

MAE merupakan salah satu cara untuk mengetahui ketepatan suatu model dengan mempertimbangkan data aktual. Menurut Subagyo (1986), MAE adalah rata-rata nilai mutlak eror dari penyimpangan hasil dengan tidak memperhatikan tanda postif maupun negatif. Nilai MAE merepresentasikan rata–rata kesalahan absolut antara hasil bangkitan dengan nilai aktual. Nilai MAE lebih intuitif dalam memberikan rata – rata eror dari keseluruhan data. Pemilihan MAE menjadi tepat karena memberikan bobot yang sama

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

untuk seluruh data. Berdasarkan rumus MAE secara inuitif menghitung rata-rata eror dengan memberikan bobot yang sama untuk seluruh data (t = 1, 2,..., k).

MAE dan RMSE mengekspresikan kesalahan pemodelan rata-rata dalam suatu unit variabel. Kedua nilai dapat berkisar dari 0 hingga ∞ dan tidak memperhatikan nilai negatif maupun positif. MAE dan RMSE adalah skor yang berorientasi negatif di mana nilai semakin rendah semakin baik. Namun nilai MAE memberikan bobot yang sama pada setiap statistik. Nilai MAE yang mendekati 0 menunjukkan bahwa model yang terbentuk telah baik. Berikut pada persamaan 2.9 disajikan mengenai perhitungan MAE untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan hasil bangkitan terhadap nilai aktual.

$$MAE = \frac{1}{k}\sum_{t=1}^{k}\left|Y_t - \tilde{Y}_t\right| \tag{2.9}$$

di mana

k : Banyaknya data skala waktu rendah (per-jam) setiap ke-i

Y_t : Data aktual skala waktu rendah pada waktu ke t

$\tilde{Y}_t$: Data hasil bangkitan skala waktu rendah pada waktu ke t

2.4. Metode Disagregasi

Disagregasi merupakan proses untuk memecah data dari skala rendah menjadi skala tinggi dengan tetap mempertahankan data skala waktu rendah. Metode disagregasi diterapkan pada berbagai bidang, juga dalam bidang hidrologi khususnya pada pengolahan data curah hujan, sehingga pengertian disagregasi dalam lingkup curah hujan adalah metode pembangkitan data dengan melibatkan skala waktu ganda, yaitu tinggi dan rendah (Koutsoyiannis dkk, 2003). Persamaan metode disagregasi disajikan pada 2.10.

$$\sum_{t=(i-1)k+t}^{nk} Y_t = Z_i \tag{2.10}$$

di mana

Y_t : Curah hujan skala waktu rendah (per-jam) pada waktu ke t

Z_i : Curah hujan skala waktu tinggi (harian)

i : Periode skala waktu tinggi ke – i atau banyaknya hari

k : Sub-periode dari setiap skala waktu tinggi atau banyaknya jam

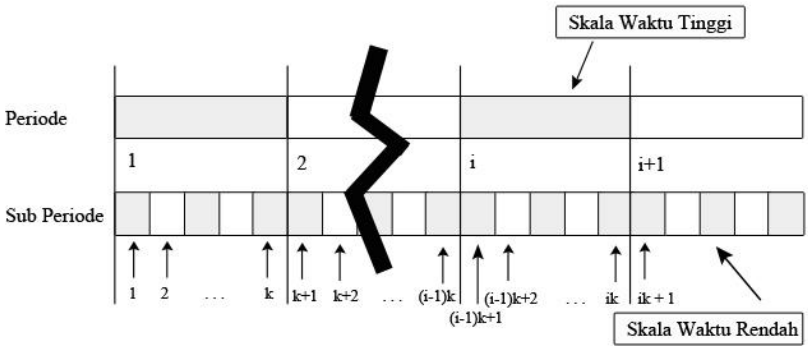
repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Berdasarkan persamaan 2.10 Y_t didapatkan melaui hasil modifikasi $\tilde{Y}_t$ yaitu hasil bangkitan skala waktu rendah dari model sebelumnya. Jumlah nilai $\tilde{Y}_t$ harus konsisten terhadap nilai Z_i agar mendapat nilai Y_t. Struktur data curah hujan skala waktu tinggi dan rendah yang tersaji dalam Tabel 2.2 dan skema metode disagregasi pada Gambar 2.3.

Tabel 2.2. Struktur Data Curah Hujan pada Metode Disagregasi.

Hari ke- i	Jam ke- t	Curah Hujan Skala Waktu Tinggi (harian) Z_i	Curah Hujan Skala Waktu Rendah (per-jam) Y_t
1	1 2 3 4 ... k	$Z_1 = \sum_{t=1}^{k} Y_t$	Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 ... Y_k
2	1 2 3 4 ... k	Z_2	Y_{k+1} Y_{k+2} Y_{k+3} Y_{k+4} ... Y_{2k}
: .	: .	: .	: .
n	1 2 3 4 ... k	Z_n	$Y_{(n-1)k+1}$ $Y_{(n-1)k+2}$ $Y_{(n-1)k+3}$ $Y_{(n-1)k+4}$ ... Y_{nk}

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 2.3. Skema Metode Disagregasi
(Sumber: Koutsoyiannis dkk, 2003)

2.5. Prosedur *Adjusting*

Sebuah model yang bersifat stokastik memiliki ketidakpastian dalam susunannya atau dapat dikatakan bahwa terdapat struktur stokastik yang mempengaruhi model, khususnya curah hujan. Pada proses pembangkitan data atau metode disagregasi ini diperlukan hasil bangkitan yang tetap konsisten dengan data aktual, sehingga diperlukan prosedur *adjusting*.

Adjusting merupakan metode untuk memodifikasi hasil bangkitan data level rendah tetap konsisten terhadap level di atasnya dan secara simultan tidak mempengaruhi struktur stokastik dari model (Koutsoyiannis, 1994). Asumsi untuk setiap peubah dapat dinyatakan bahwa peubah dengan skala waktu tinggi dinyatakan dengan Z_i (i = 1,2,..,n) dan untuk peubah dengan skala waktu rendah berupa per-jam dinyatakan dalam $\tilde{Y}_t$ (t = 1,2,..,k) sebagai hasil bangkitan model hujan. Modifikasi data hujan hasil prosedur *adjusting* dinyatakan dengan $\hat{Y}_t$. Tujuan dilakukan pendekatan prosedur *adjusting* adalah untuk mempertahankan konsistensi hasil bangkitan dengan memperhatikan hal-hal berikut.

1. Meminimumkan nilai kesalahan hasil penjumlahan peubah dengan skala waktu rendah terhadap peubah skala waktu tinggi.
2. Menjaga kondisi distribusi secara statistik pada skala waktu rendah yang dihasilkan.
3. Menggunakan pengulangan pengambilan contoh secara berulang untuk memperbaiki nilai statistik jika hasil dari proses

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

adjusting yang telah dilakukan belum mendapatkan nilai statistik yang bagus.

Terdapat tiga macam prosedur *adjusting*, yaitu metode *proportional*, *linear* dan *power*. Metode *proportional adjusting* merupakan metode yang sederhana dibandingkan keduanya. Metode ini dapat mempertahankan distribusi data dengan distribusi dan parameter skala pada umumnya, memberikan pendekatan yang baik untuk peubah terikat dengan distribusi Gamma dan tidak menghasilkan nilai $\hat{Y}_t$ bernilai negatif. Pada persamaan 2.11 menunjukkan persamaan untuk prosedur *proportional adjusting* (Koutsoyiannis, 2001).

$$\begin{aligned}\widehat{Y}_t &= \frac{Z_i}{\sum_{t=1}^{k} \widehat{Y}_t} \tilde{Y}_t \\ &= \frac{Z_i}{\tilde{Z}_i} \tilde{Y}_t \\ &(t = 1, 2, ..., k)\end{aligned} \tag{2.11}$$

di mana

$\hat{Y}_t$: Data bangkitan skala waktu rendah setelah prosedur *adjusting* pada periode *i* dan subperiode *t*

Z_i : Data aktual skala waktu tinggi pada periode ke *i*

$\tilde{Y}_t$: Data skala waktu rendah sebelum prosedur *adjusting* pada periode *i* dan subperiode *t*

$\tilde{Z}_i$: Data skala waktu tinggi sebelum prosedur *adjusting* pada periode *i*

2.7. Uji *t*

Uji *t* adalah salah satu tes statistik yang digunakan untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis nihil yang menyatakan bahwa di antara dua buah rata-rata sampel yang diambil secara acak dari populasi yang sama, tidak terdapat perbedaan signifikan (Sudijono, 2009). Sebaran *T* menyerupai sebaran *Z*, dalam hal keduanya setangkup di sekitar nilai tengah nol. Hanya bila ukuran contoh $n \rightarrow \infty$ kedua sebaran itu menjadi sama (Walpole, 1982).

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Bila dihubungkan dengan kebebasan sampel yang digunakan (khusus bagi uji *t* dengan dua sampel), maka uji *t* dibagi menjadi dua, yaitu uji *t* untuk sampel bebas dan uji *t* untuk sampel berpasangan.

Uji *t* berpasangan adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas yang dicirikan dengan adanya hubungan nilai pada setiap sampel yang sama (berpasangan). Dua sampel berpasangan artinya sampel dengan subjek yang sama namun mengalami dua perlakuan atau pengukuran yang berbeda.

Berikut merupakan uji hipotesis dan jenis uji *t* pada contoh berukuran besar (n>30) dengan simpangan baku populasi tidak diketahui.

H_0 : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (tidak ada perbedaan rata-rata antar dua kelompok tersebut)

H_1 : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (ada perbedaan rata-rata antar dua kelompok tersebut)

$$\frac{\overline{X}_d - \mu_0}{S_d / \sqrt{n}} \sim t_{(\alpha,v)} \tag{2.12}$$

di mana

$$\overline{X}_d = \frac{\sum_{q=1}^{2} D_q}{n}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left\{\sum_{q=1}^{2} D_q^2 - \frac{\left(\sum_{q=1}^{2} D_q\right)^2}{n}\right\}}$$

keterangan

D_q : Selisih X_1 (kelompok 1) dan X_2 (kelompok 2)

n : Ukuran contoh

$\bar{X}$: Rata-rata

S_d : Simpangan baku d

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Dengan kriteria keputusan:

Tolak H_0, jika $t_{hitung} \geq t_{tabel(\alpha;(db=n_1+n_2-2))}$ atau $p_{value} \leq \alpha$

(Walpole, 1982)

Jika Tolak H_0, maka tidak ada perbedaan rata-rata antara data aktual (X_1) dengan data bangkitan (X_2).

2.8. Data Historis

2.8.1. Hidrologi

Menurut definisi Martha dan Adidarma (1983), hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi baik di atas maupun di bawah permukaan bumi mengenai sifat kimia dan fisika air dengan reaksi terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan. Hidrologi merupakan cabang ilmu geografi yang mempelajari seputar pergerakan, distribusi, dan kualitas air yang ada di bumi.

Siklus hidrologi dapat juga berarti lebih sederhana, yaitu peredaran air dari laut ke atmosfer melalui penguapan kemudian jatuh pada permukaan bumi dalam bentuk hujan yang mengalir ke dalam tanah dan ke permukaan tanah sebagai sungai yang menuju ke laut.

2.8.2. Hujan

Di bumi, hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya sampai di daratan. Dua proses yang mungkin terjadi bersamaan dapat mendorong udara semakin jenuh menjelang hujan, yaitu pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara. Di kawasan pegunungan, hujan deras bisa terjadi jika aliran atas lembah meningkat di sisi atas angin permukaan pada ketinggian yang memaksa udara lembab mengembun dan jatuh sebagai hujan di sepanjang sisi pegunungan. Hujan adalah sumber utama air tawar di sebagian besar daerah di dunia, selain itu hujan menyediakan kondisi cocok untuk keragaman ekosistem dan berperan sebagai pembangkit listrik hidroelektrik serta irigasi ladang.

Curah hujan dihitung menggunakan alat pengukur hujan. Jumlah curah hujan dihitung secara aktif oleh radar cuaca dan secara pasif oleh satelit cuaca. Perhitungan ini sangat dimanfaatkan ketika menjelang datangnya musim hujan. Musim hujan adalah masa dalam

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

suatu tahun yang terjadi selama satu atau beberapa bulan ketika sebagian besar hujan rata-rata tahunan suatu daerah jatuh di tempat tersebut.

Cara mengukur curah hujan salah satunya dengan radar cuaca yang mampu menilai jumlah curah hujan yang jatuh di cekungan besar untuk keperluan hidrologis. Perhitungan curah hujan dengan radar cuaca melengkapi data di stasiun masing-masing DAS yang dapat digunakan untuk kalibrasi. Selain radar cuaca, alat pengukur curah hujan lainnnya yaitu disebut penakar hujan (*rain gauge*). Alat ini terdiri dari corong dan tabung penampung. Satuan ukuran curah hujan yaitu dalam skala milimeter (mm) atau sentimeter (cm). Dari pengukuran curah hujan didapatkan beberapa data yang kemudian diolah menjadi tiga jenis hasil pengukuran seperti berikut.

a. Jumlah curah hujan harian, yaitu hasil pengukuran hujan selama 24 jam.
b. Jumlah curah hujan bulanan, yaitu jumlah total curah hujan harian selama satu bulan.
c. Jumlah curah hujan tahunan, yaitu jumlah total curah hujan harian selama 12 bulan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data sekunder dalam penelitian ini berupa hasil pengukuran curah hujan yang diperoleh dari Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya Malang. Data curah hujan berikut menggunakan skala waktu tinggi (harian) dan skala waktu rendah (per-jam) di satu lokasi Kota Malang (Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya). Periode curah hujan dalam penelitian ini mulai 1 Januari 2016 hingga 31 Desember 2017 dengan data *in-sample* mulai dari 1 Januari 2016 sampai 31 Desember 2016, sedangkan data *out-sample* mulai dari 1 Januari 2017 hingga 31 Desember 2017. Penelitian dilakukan dengan bantuan bahasa pemrograman R dan *Hyetos*.

3.2. Metode Analisis

Tahapan analisis dalam penelitian ini melalui tiga tahap yakni:

1) Tahap pertama: pemodelan curah hujan skala waktu rendah (per-jam) pendekatan stokastik *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* pada data *in-sample* dengan prosedur:
   a. Melakukan identifikasi statistik BLRP yaitu $E\left(Y_j^h\right)$, $Var\left(Y_j^h\right)$, $Cov\left(Y_j^h, Y_{j+1}^h\right)$, $P\left(Y_j^h = 0\right)$ dari data curah hujan aktual skala waktu rendah (per-jam).
   b. Melakukan pendugaan model enam parameter (λ, κ, φ, α, ν, μ_x) melalui metode momen dengan pendekatan empat statistik BLRP sehingga didapatkan penduga sesuai persamaan 2.4 hingga 2.7. Penduga parameter didapat dengan optimasi fungsi objektif sesuai persamaan 2.8 pada proses iterasi yang meminimumkan jumlah kuadrat kesalahan model melalui optimasi eas.

2) Tahap kedua: mempertahankan konsistensi data hasil bangkitan curah hujan skala waktu rendah (per-jam) *in-sample* dengan prosedur *adjusting*. Pertahanan konsistensi data bangkitan dilakukan dengan prosedur:

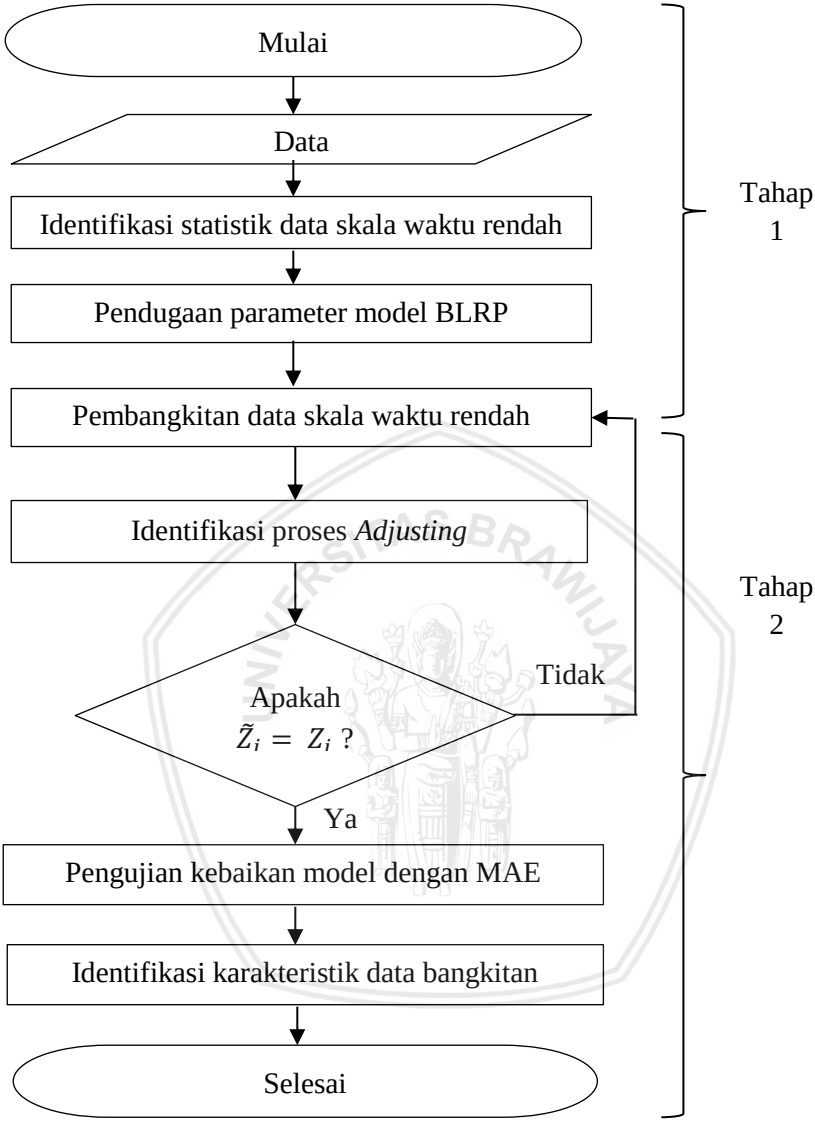
repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

a. Melakukan pembangkitan data curah hujan skala waktu rendah (per-jam) $\tilde{Y}_t$.
b. Melakukan pembentukan data curah hujan skala waktu tinggi (harian) $\tilde{Z}_i$ (total $\tilde{Y}_t$ tiap 24 jam).
c. Melakukan pengecekan konsistensi data bangkitan dengan prosedur *adjusting* sesuai persamaan 2.11.
d. Jika $\tilde{Z}_i \neq Z_i$ ulangi langkah 2a hingga 2c.
e. Proses berhenti apabila $\tilde{Z}_i = Z_i$.
f. Melakukan pengujian ketepatan suatu model data bangkitan yang mempertimbangkan data aktual melalui nilai MAE sesuai persamaan 2.9 pada setiap bulan.
g. Membandingkan hasil identifikasi karakteristik data curah hujan aktual *in-sample* dengan bangkitan dari uji komparasi sesuai persamaan 2.12.

3) Tahap ketiga: pemodelan curah hujan skala waktu rendah (per-jam) pendekatan stokastik *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* pada data *out-sample* dengan prosedur:
   a. Melakukan pembangkitan data curah hujan skala waktu rendah (per-jam) $\tilde{Y}_t$ berdasarkan model yang didapat pada data *in-sample* di tahap 2.
   b. Melakukan pengecekan konsistensi data bangkitan dengan prosedur *adjusting* sesuai persamaan 2.11.
   c. Mengulangi langkah 3a dan 3b jika $\tilde{Z}_i \neq Z_i$.
   d. Melakukan pengujian ketepatan suatu model data bangkitan yang mempertimbangkan data aktual pada data *out-sample* melalui nilai MAE sesuai persamaan 2.9.
   e. Membandingkan hasil identifikasi karakteristik data curah hujan aktual *out-sample* dengan bangkitan dari uji komparasi sesuai persamaan 2.12.

Untuk memudahkan pemahaman langkah-langkah tersebut, disusunlah diagram alir disagregasi. Langkah-langkah penelitian ini disajikan pada Gambar 3.1.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 3.1. Diagram Alir Disagregasi

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

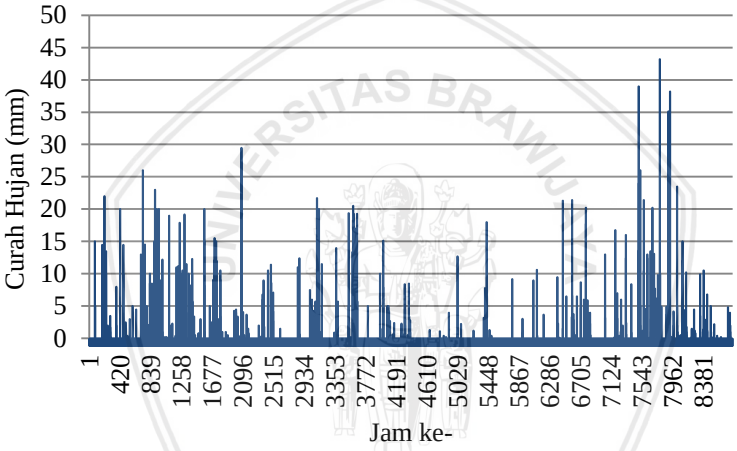
repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Eksplorasi Data

Data hasil pencatatan curah hujan diperoleh melalui Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya Malang. Malang merupakan salah satu kota di Negara Indonesia beriklim tropis dengan dua musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Hasil pengukuran curah hujan oleh Laboratorium Hidrologi Teknik Perairan Universitas Brawijaya Malang tahun 2016 skala waktu rendah per-jam dan tinggi harian disajikan pada Gambar 4.1 dan 4.2.

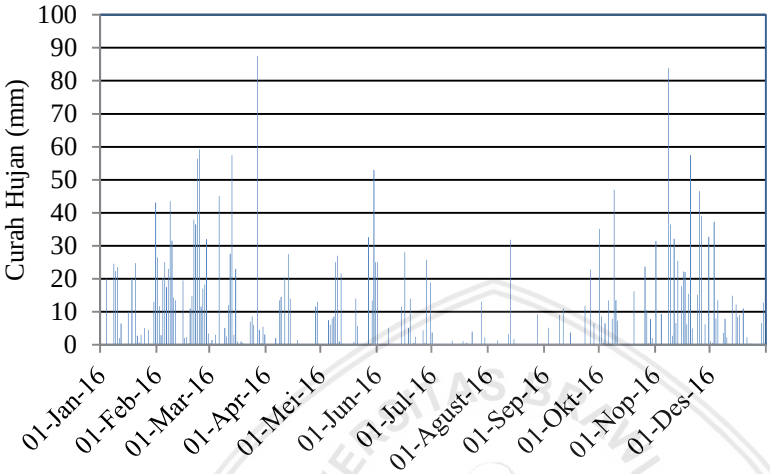


Gambar 4.1. Plot Curah Hujan Per-Jam Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2016

Berdasarkan Gambar 4.1 pada skala waktu rendah (per-jam), curah hujan tertinggi sebesar 43,2 mm terjadi pada 20 November 2016 pukul 11.00. Kemudian curah hujan tertinggi selanjutnya terjadi pada 8 November 2016 pukul 8.00 sebesar 39 mm dan sebesar 38,2 mm terjadi pada 26 November 2016 pukul 5.00. Berdasarkan Gambar 4.2 plot curah hujan skala waktu tinggi (harian) bahwa hujan sering terjadi setiap hari pada Bulan Februari meskipun curah hujan tertinggi pada skala waktu tinggi (harian) terjadi pada Bulan Maret

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

sebesar 87,5 mm dan selanjutnya pada Bulan November sebesar 83,5 mm. Data curah hujan skala waktu tinggi tahun 2016 disajikan pada Lampiran 1.



Gambar 4.2. Plot Curah Hujan Harian Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2016

4.2. Pengujian Identifikasi Statistik Curah Hujan

Langkah identifikasi statistik data curah hujan merupakan langkah awal dalam proses disagregasi. Hasil dari identifikasi statistik pada Tabel 4.1 digunakan untuk menduga parameter *Bartlett Lewis Rectangular Pulse Model* (BLRP). Terdapat empat statistik yang dalam menduga parameter BLRP yaitu rata-rata, ragam, autokovarian *lag* 1 dan proporsi hari tidak hujan. Proses agregasi pada tahap identifikasi statistik ini dalam dua waktu yaitu 1 jam untuk menggambarkan skala waktu rendah (per-jam) dan 24 jam untuk menggambarkan skala waktu tinggi (harian). Hasil output statistik dengan program R disajikan pada Lampiran 7.

Tabel 4.1. Statistik Data Curah Hujan Per-jam

Bulan (j)	$E(Y_j^1)$	$Var(Y_j^1)$	$Var(Y_j^{24})$	$Cov(Y_j^1, Y_{j+1}^1)$	$Cov(Y_j^{24}, Y_{j+1}^{24})$	$P(Y_j^1=0)$	$P(Y_j^{24}=0)$
Januari	0,303	4,195	121,82	0,626	12,35	0,954	0,484
Februari	0,793	8,061	266,10	2,471	134,16	0,864	0,035

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Bulan (j)	$E(Y_j^1)$	$Var(Y_j^1)$	$Var(Y_j^{24})$	$Cov(Y_j^1, Y_{j+1}^1)$	$Cov(Y_j^{24}, Y_{j+1}^{24})$	$P(Y_j^1=0)$	$P(Y_j^{24}=0)$
Maret	0,411	5,620	389,02	3,598	-10,42	0,925	0,29
April	0,164	1,375	55,38	0,552	8,43	0,971	0,667
Mei	0,335	4,333	164,89	0,763	44,04	0,948	0,484
Juni	0,196	1,635	74,63	0,574	-12,98	0,954	0,6
Juli	0,035	0,260	6,25	0,009	-0,64	0,985	0,74
Agustus	0,064	0,657	34,59	-0,006	0,86	0,979	0,81
September	0,097	1,121	26,89	0,045	-5,583	0,981	0,73
Oktober	0,270	2,788	124,58	0,880	18,57	0,93	0,48
November	0,713	14,50	423,79	3,651	14,92	0,871	0,3
Desember	0,204	1,276	60,96	0,321	-0,807	0,905	0,39

di mana

$E\left(Y_j^1\right)$: Rata-rata curah hujan per-jam
$Var\left(Y_j^1\right)$: Ragam curah hujan per-jam
$Var\left(Y_j^{24}\right)$: Ragam curah hujan per-24 jam (harian)
$Cov\left(Y_j^1, Y_{j+!}^1\right)$: Autokovarian *lag* 1 curah hujan per-jam
$Cov\left(Y_j^{24}, Y_{j+1}^{24}\right)$: Autokovarian *lag* 1 curah hujan per-24 jam (harian)
$P\left(Y_j^1 = 0\right)$: Proporsi hari tidak hujan per-jam
$P\left(Y_j^{24} = 0\right)$: Proporsi hari tidak hujan per-24 jam (harian)

4.3. Pendugaan Parameter *Bartlett Lewis Rectangular Pulse Model* (BLRP)

Berdasarkan hasil statistik data curah hujan pada Tabel 4.1 didapat parameter BLRP yang disajikan pada Tabel 4.2. Pendugaan parameter dari empat statistik (rata-rata, ragam, autokovarian *lag* 1 dan proporsi hari tidak hujan) dilakukan melalui fungsi objektif pada persamaan 2.8 dengan meminimumkan jumlah kuadrat kesalahan antara model yang dipilih dan data aktual. Hasil pendugaan parameter BLRP dengan program R disajikan pada Lampiran 7.

Tabel 4.2. Parameter Modifikasi BLRP

Bulan	λ	κ	φ	α	ν	μ_x
Januari	0,0299	1,7744	0,9431	17,495	2,7162	16,872
Februari	0,0954	0,6682	0,8733	6,1150	1,5681	11,474
Maret	0,0504	8,0494	0,8524	6,6493	0,0744	47,787
April	0,0158	0,5371	0,1093	3,441	0,4447	8,3358
Mei	0,0292	2,5847	0,8805	16,132	2,6686	12,505

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

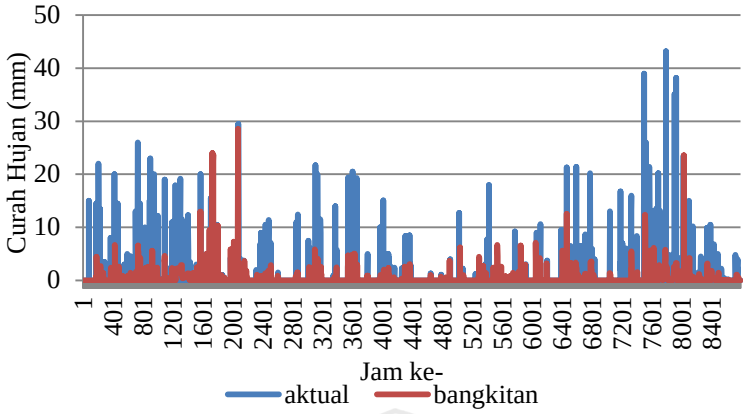
Bulan	λ	κ	φ	α	ν	μ_x
Juni	0,0220	2,27	0,7378	9,8248	2,7591	5,5257
Juli	0,0118	3,8866	0,7161	19,983	0,6866	13,379
Agustus	0,0084	1,0567	0,2234	9,3595	2,7993	0,00001
September	0,0150	3,4493	0,3746	18,346	0,4358	22,949
Oktober	0,0283	0,7264	0,2871	2,9849	0,9453	4,7493
November	0,0466	3,5319	0,9441	12,827	2,7852	12,1344
Desember	0,0396	0,00001	0,7974	19,967	6,6617	9,8021

Pendugaan parameter BLRP melalui statistik didapat enam parameter BLRP ($\lambda,\kappa,\varphi,\alpha,\nu,\mu_x$). Melalui enam parameter tersebut dilakukan optimasi yang meminimumkan fungsi objektif pada persamaan 2.8. Berdasarkan Tabel 4.2, Bulan Maret memiliki rata-rata intensitas hujan paling besar yaitu sebesar 47,787 mm per-jam dengan rata-rata waktu dimulainya *storm* sebesar 0,0504 mm per-jam. Rata-rata banyaknya sel setiap *storm* (μ_c) pada Bulan Maret dihitung melalui nilai $\mu_c=1+\kappa/\varphi$ yang bernilai 10,4432 mm per-jam. Sedangkan untuk rata-rata durasi sel setiap *storm* digambarkan oleh parameter η dengan parameter skala (α) sebesar 6,6493 dan parameter bentuk (ν) sebesar 0,0744.

4.4. Metode Disagregasi

Semua parameter yang telah diduga, selanjutnya dilakukan pembangkitan data skala waktu rendah (per-jam). Pembangkitan data dengan *input* enam parameter, data aktual skala waktu tinggi (harian) dan data aktual skala waktu rendah (per-jam) dibangkitkan pada setiap bulan sesuai sebaran masing-masing parameter. Hasil uji *goodness of fit* model pada pembangkitan data *in-sample* didapatkan nilai MAE pada setiap bulan yang disajikan pada Tabel 4.3. Perbandingan antara data aktual dengan data bangkitan skala waktu rendah (per-jam) tahun 2016 sesuai parameter BLRP disajikan pada Gambar 4.3 dengan data pada Lampiran 2.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 4.3. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Per-jam Malang tahun 2016

Metode disagregasi menghasilkan jumlah data bangkitan skala waktu rendah (per-jam) yang sama dengan data aktualnya sesuai dengan persamaan 2.10. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa data bangkitan telah mengikuti data aktual meskipun tidak secara tepat.

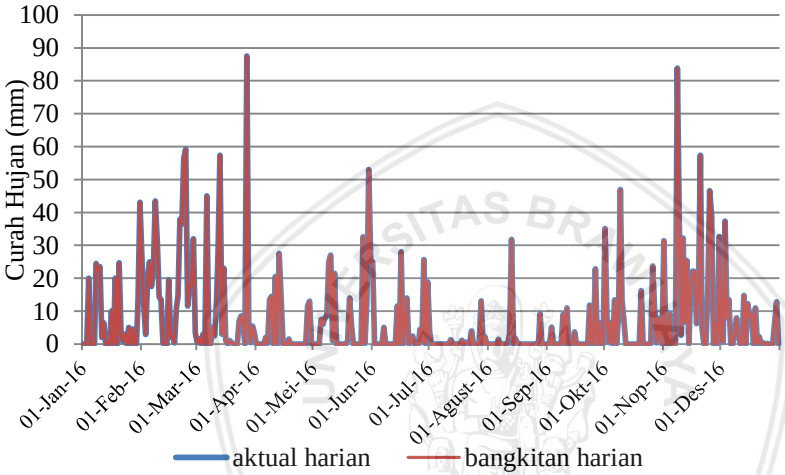
4.4.1. Prosedur *Adjusting*

Kekonsistensian hasil disagregasi dilakukan dengan prosedur *adjusting* yaitu dengan metode *proportional adjusting*. Pada persamaan 2.11 metode ini digunakan untuk mendapatkan hasil pembangkitan yang konsisten dengan tujuan sesuai persamaan 2.10. Hal ini berarti total curah hujan per-24 jam sama dengan curah hujan harian.

Gambar 4.3 merupakan hasil pembangkitan skala waktu rendah (per-jam) yang telah diterapkan prosedur *adjusting*. Hal ini telah dilakukan sekaligus pada tahap pembangkitan dengan paket program *Hyetos* (Koustsoyiannis dan Onof, 1999). Proses pembangkitan pada paket program tersebut telah menerapkan prosedur *proportional adjusting*, sehingga cukup dilakukan satu kali pembangkitan skala waktu rendah yang terjaga kekonsistensiannya terhadap data aktual. Hal ini dikarenakan pada tahap pembangkitan data dilakukan dengan program *Hyetos* di mana telah termasuk

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

prosedur *adjusting* di dalamnya. Disajikan pada Gambar 4.4 yang dapat menjelaskan kekonsistensian data bangkitan skala waktu rendah (per-jam) terhadap skala waktu tinggi (harian) dengan prosedur *adjusting*, di mana penjumlahan dari data curah hujan per-24 jam telah identik dengan data curah hujan harian aktual. Data hasil bangkitan ini disajikan pada lampiran 3. Tahap pembangkitan dengan *input* harian dan per-jam menggunakan program *Hyetos* disajikan pada Lampiran 8.

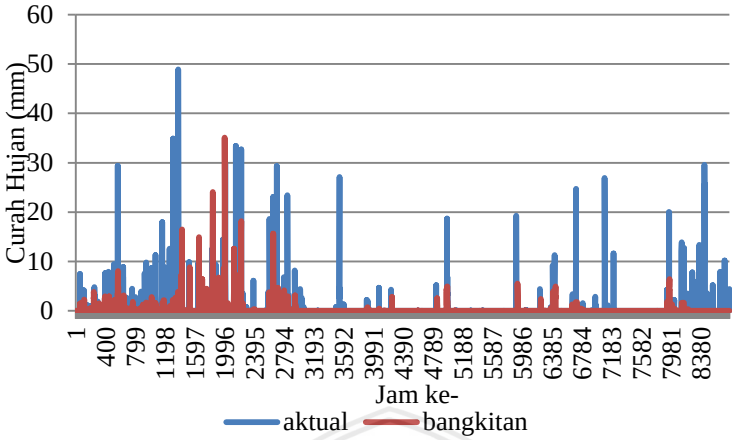


Gambar 4.4. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Harian Malang tahun 2016

4.4.2. Pembangkitan data *out-sample*

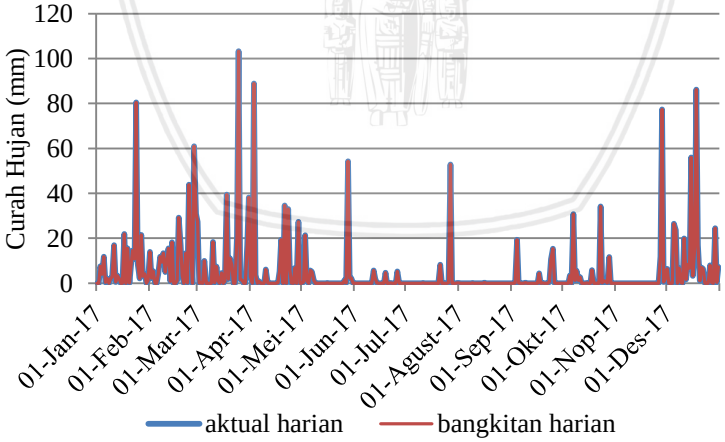
Pembangkitan data *in-sample* pada skala waktu rendah (per-jam) dilakukan dengan *input* data per-jam dan harian. Pada pembangkitan data *out-sample*, data curah hujan skala waktu rendah (per-jam) tidak diketahui, sehingga hanya berdasarkan data skala waktu tinggi (harian) yang disajikan pada Lampiran 4. Perbandingan antara data aktual dengan data bangkitan skala waktu rendah (per-jam) tahun 2017 disajikan pada Gambar 4.5 dengan data pada Lampiran 5. Hasil statistik dan bangkitan data *out-sample* disajikan pada Lampiran 7.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 4.5. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Per-jam Malang tahun 2017

Data *out-sample* ini merupakan penerapan pada wilayah yang minim data aktual per-jam. Sehingga proses pemecahan data yang konsisten pada data *out-sample* telah disajikan pada Gambar 4.6. Melalui gambar tersebut telah menunjukkan kekonsistensian, di mana penjumlahan data bangkitan per-24 jam telah konsisten terhadap data harian aktual yang ditampilkan pada Lampiran 6.



Gambar 4.6. Plot Curah Hujan Aktual dan Hasil Bangkitan Harian Malang tahun 2017

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.5. Identifikasi Karakteristik Data Aktual dan Data Bangkitan

Identifikasi karakteristik data bangkitan digunakan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan bangkitan terhadap aktual. Identifikasi karakteristik data aktual dan bangkitan pada data *in-sample* tahun 2016 disajikan pada Tabel 4.3. Perbandingan dilakukan dengan uji perbedaan rata-rata antara data aktual dan data bangkitan. Uji *t* dilakukan sesuai persamaan 2.12 dengan hipotesis berikut.

H_0 : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (tidak ada perbedaan rata-rata antar dua kelompok tersebut)

H_1 : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (ada perbedaan rata-rata antar dua kelompok tersebut)

di mana kriteria keputusan:

Tolak H_0, jika $t_{hitung} \geq t_{tabel(\alpha;(db=n_1+n_2-2))}$ atau $p_{value} \leq \alpha$

Tabel 4.3. Perbandingan Karakteristik Data Curah Hujan Aktual dan Bangkitan Per-Jam Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2016 (*in-sample*)

Bulan	Jenis	Rata-rata	*p-value t*	MAE
Januari	aktual	0,3029	0,7403	0,5498
	bangkitan	0,2761		
Februari	aktual	0,7930	0,9975	1,361
	bangkitan	0,7933		
Maret	aktual	0,4106	1	0,767
	bangkitan	0,4106		
April	aktual	0,1643	0,9974	0,2617
	bangkitan	0,1642		
Mei	aktual	0,3351	0,9996	0,5419
	bangkitan	0,3350		
Juni	aktual	0,1958	0,9989	0,3221
	bangkitan	0,1959		
Juli	aktual	0,0353	0,9995	0,0681
	bangkitan	0,0353		
Agustus	aktual	0,0641	$< 8{,}3 \times 10^{-7}$	0,3401
	bangkitan	0,2761		
September	aktual	0,0974	0,9998	0,1756
	bangkitan	0,0974		

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Bulan	Jenis	Rata-rata	*p-value t*	MAE
Oktober	aktual	0,2696	0,3561	0,4024
	bangkitan	0,2093		
November	aktual	0,7133	0,9999	1,3195
	bangkitan	0,7132		
Desember	aktual	0,2042	0,9986	0,36
	bangkitan	0,2042		
Rata-rata	-	-	0,8406	0,5348

Pada dasarnya, periode musim di Indonesia terbagi menjadi dua waktu. Musim kemarau pada Bulan April hingga September, sedangkan musim hujan terjadi pada Bulan Oktober hingga Maret. Jika berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa hampir semua rata-rata kedua kelompok pada periode musim hujan menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan. Meskipun MAE bernilai jauh dari nol, namun hal tersebut belum dapat menentukan bahwa model yang dibentuk kurang baik, sehingga dilakukan uji komparasi antara bangkitan dan aktual dari *in-sample* dan *out-sample*.

Begitu juga pada periode musim kemarau, hampir semua rata-rata kedua kelompok pada periode musim hujan menunjukkan perbedaan yang nyata. MAE juga bernilai jauh dari nilai nol mengartikan bahwa model yang dihasilkan belum cukup baik dalam menghasilkan beberapa bangkitan pada bulan di periode musim kemarau dan musim penghujan tahun 2016. Tabel 4.4 disajikan perbandingan identifikasi karakteristik pada data *out-sample* tahun 2017.

Tabel 4.4. Perbandingan Karakteristik Data Curah Hujan Aktual dan Bangkitan Per-Jam Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang tahun 2017 (*out-sample*)

Bulan	Jenis	Rata-rata	*p-value t*	MAE
Januari	aktual	0,3292	1	0,5028
	bangkitan	0,3292		
Februari	aktual	0,4784	0,9675	0,8214
	bangkitan	0,4831		
Maret	aktual	0,4194	0,9998	0,69
	bangkitan	0,41938		

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Bulan	Jenis	Rata-rata	*p-value t*	MAE
April	aktual	0,32652	0,9998	0,461
	bangkitan	0,3265		
Mei	aktual	0,1281	0,0398	0,1489
	bangkitan	0,0309		
Juni	aktual	0,02472	0,999	0,0444
	bangkitan	0,0247		
Juli	aktual	0,08266	0,9997	0,1018
	bangkitan	0,08267		
Agustus	aktual	0,000537	1	0,0007
	bangkitan	0,000537		
September	aktual	0,07069	0,9997	0,1411
	bangkitan	0,07068		
Oktober	aktual	0,1323	0,1865	0,1755
	bangkitan	0,0604		
November	aktual	0,1279	0,9992	0,1733
	bangkitan	0,1280		
Desember	aktual	0,4468	$4,5 \times 10^{-6}$	0,5107
	bangkitan	0,0849		
Rata-rata	-	-	0,7659	0,3113

Berdasarkan Tabel 4.4 setelah uji perbedaan rata-rata dengan uji *t* berpasangan menghasilkan bahwa hampir semua bulan tidak memiliki perbedaan rata-rata yang signifikan antar dua kelompok (aktual dan bangkitan). Perhitungan nilai MAE sesuai persamaan 2.9, data *in-sample* bernilai 0,5348 dan data *out-sample* bernilai 0,3113. Nilai MAE tersebut dihitung dari keseluruhan bulan per tahun. Namun nilai MAE yang dihasilkan cukup besar, sehingga perbandingan karakteristik yang dilakukan dengan uji perbedaan rata-rata menggunakan uji *t* dilakukan pada setiap bulannya agar tidak saling mempengaruhi model antar bulan. Hal ini dikarenakan, karakteristik hujan setiap bulan berbeda-beda. Hasil perbandingan karakteristik (uji komparasi) data *in-sample* dan *out-sample* disajikan pada Lampiran 7.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pembangkitan data skala waktu rendah (per-jam) menghasilkan data bangkitan yang konsisten terhadap data skala waktu tinggi. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil data bangkitan harian telah bernilai sama dengan data harian aktual melalui pendekatan *Bartlett Lewis Rectangular Pulse* (BLRP). Pendekatan BLRP dengan prosedur *proportional adjusting* telah menghasilkan MAE sebesar 0,5348 untuk *in-sample* dan 0,3113 untuk *out-sample*. Sehingga data bangkitan telah merepresentasikan data aktual.

Karakteristik hasil bangkitan dan data aktual dilihat dari hasil uji perbandingan rata-rata melalui uji *t*. Hasil uji menunjukkan hampir keseluruhan bulan tidak ada perbedaan rata-rata antar kedua kelompok baik untuk *in-sample* maupun *out-sample*. Hal tersebut didukung dengan nilai *p-value* sebesar 0,8406 untuk *in-sample* dan 0,7659 untuk *out-sample* yang bernilai lebih besar dari alfa (0,05). Nilai *p-value* tersebut menghasilkan untuk menerima H_0 yang memberi arti bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antar dua kelompok.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian berikut, dapat disampaikan saran untuk pembaca sebagai penelitian selanjutnya, bahwa pada penelitian ini pendekatan BLRP menggunakan prosedur *proportional adjusting* baik digunakan untuk pembangkitan data skala waktu rendah dengan melibatkan skala waktu ganda pada lokasi yang minim data historis skala waktu rendah. Sedangkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan prosedur *adjusting* selain yang telah diterapkan pada penelitian ini.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Artikelsiana. *Pengertian Hidrologi dan Siklus Hidrologi* (*online*). Tersedia http://www.artikelsiana.com/2015/01/pengertian-hidrologi-siklus-hidrologi-pengertian.html. Diakses pada 15 Oktober 2018 pukul 15.15.

Ghahramani, S. 2005. *Fundamentals of Probability* (edisi ke-3). Prentice Hall. New Jersey.

Groisman, P.Y., Karl, T.R., Easterling, D.R., Knight, R.W., Jamason, P.B., Hennessy, K.J., Suppiah, R., Page, C.M., Wibig, J., Fortuniak, K., Razuvaev, V.N., Douglas, A., Førland, E., dan Zhai, P.M. 1999. *Changes in The Probability of Heavy Precipitation: Important Indicators of Climatic Change*. *Journal of Climate Change* Vol. 42, hlm. 243-283.

Gyosi-Agyei, Y. 1999. *Identification of Regional Parameters of A Stochastic Model for Rainfall Disaggregation*. *Journal of Hidrology* Vol. 223, hlm. 148-163.

Hanaish, I. S., Ibrahim, K., dan Jermain, A. A. 2011. *Stochastic Modeling of Rainfall in Peninsular Malaysia Using Bartlett Lewis Rectangular Pulses Models*. *Journal of Modelling and Simulation in Engineering* Vol. 2011 Article ID 253735.

Harisaweni, Yusop, Z., dan Yusof, F.. 2016. *The use of BLRP model for disaggregating daily rainfall affected by monsoon in Peninsular Malaysia*. Jurnal Sains Malaysiana, 45 (1). pp. 87-97. ISSN 0126-6039.

Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hidayah, E., Anwar, N., Edijiatno, dan Iriawan, N. 2010. *Model Disagregasi Data Hujan Temporal dengan Pendekatan Bayesian sebagai Input Pemodelan Banjir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ikhwan, A. 2010. *Pemodelan Curah Hujan Bulanan Berdasarkan Metode Least Square Non Linier*. Jurnal SPEKTRA, Vol. 10, No. 2, Desember 2010.

Ilmudasar. *Curah Hujan: Pengertian, Proses Terjadinya, Pengukuran (online).* Tersedia http://www.ilmudasar.com/2017/07/Pengertian-Pengukuran-dan-Proses-Terjadinya-Curah-Hujan-adalah.html Diakses 15 Oktober 2018 pukul 16.53.

Kossieris, P., Makropoulus, C., Creaco, E., Vamvakeridou-Lyroudia, L., dan Savic, D.A. 2016. *Assessing The Applicability of The Bartlett-Lewis Model in Simulating Residential Water Demands. Journal of Procedia Engineering* Vol. 154 (2016) hlm. 123-131.

Kossieris, P., Koutsoyiannis, D., Makropoulos, C., dan Onof, C. 2018. *A Rainfall Disaggregation Scheme for Sub-Hourly Time Scales: Coupling A Bartlett-Lewis Based Model with Adjusting Procedures*. Journal of Hidrology Vol. 556 (2018) hlm. 980-992.

Koutsoyiannis, D. 1994. *A Stochastic Disaggregation Method for Design Storm and Flood Syntesis. Journal Of Hidrology* Vol. 156, hlm. 193-225.

Koutsoyiannis, D., dan Onof, C. 2001. *Rainfall Disaggregation Using Adjusting Procedure on* Poisson *Cluster Model. Journal of Hidrology* Vol. 246, hlm. 109-122.

Koutsoyiannis, D., Onof, C., dan Wheater, H, S. 2003. *Multivariate Rainfall Disaggregation at A Fine Timescale. Journal of Water Resource Research* Vol. 39.

Martha, W. dan Adidarma, W. 1983. *Mengenal Dasar-dasar Hidrologi*. Nova. Bandung.

Mangare, I.O. 2017. *Metode Disagregasi Curah Hujan dengan Pendekatan Stokastik Neyman-Scott*. Skripsi Program Studi

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Statistika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang. Tidak dipublikasikan.

Pramudia, A., Estiningtyas, W., Susanti, E., dan Suciantini. 2013. *Fenomena dan Perubahan Iklim Indonesia serta Pemanfaatan Informasi Iklim untuk Kalender Tanam.* Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.

Puspita, D.A. 2014. *Distribusi Probabilitas: Gamma & Eksponensial*. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak dipublikasikan.

Rodriguez-Iturbe, I., Cox, D.R., dan Isham, V. 1987. *Some Models for Rainfall Based on Stochastic Point Processes. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical Physical Sciences* Vol. 410, No. 1839 hlm. 269-288.

Rodriguez-Iturbe, I., De Power, B.F., dan Valdes, J.B. 1988. *Rectangular Pulse Point Process Models for Rainfall: Analysis of Empirical Data. Journal of Hidrology Research* Vol. 92.

Shoji, T. dan Kitaura, H. 2006. *Statistical and Geostatistical Analysis of Rainfall in Central Japan*. Computers & Geosciences. Jurnal Vol. 32, hlm. 1007–1024.

Subagyo, P. 1986. *Peramalan Konsep dan Aplikasi*. BPFE Yogyakarta. Yogyakarta.

Sudijono, A. 2009. *Pengantar Statistik Pendidikan.* Rajagrafindo. Jakarta.

Susanto dan Sutijo. 2016. *Pemodelan Curah Hujan dengan Pendekatan Model ARIMA, Feed Forward Neural Network dan Hybrid (ARIMA-NN) di Banyuwangi*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 5, No. 2, (2016) hlm. 2337-3520, (2301-928X Print).

Walpole, R.E. 1982. *Pengantar Statistika Edisi Ke-3 (terjemahan).* PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Yitnosumarto, S. 1990. *Dasar-dasar Statistika*. Rajawali Press. Jakarta.

Yendra, R. 2014. *Mengurai Informasi Penting pada Data Hujan Skala Singkat (Setiap Jam) Melalui Model Hujan Storm*. FMIPA Universitas Riau. Riau.

Zitkovic, G. 2010. *Introduction to Stochastic Processes – Lecture Notes (with 33 illustrations)*. Jurusan Matematika Universitas Texas. Austin.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Aktual Curah Hujan Harian (Z_i) Laboratorium Hidrologi Universitas Brawijaya Malang (mm) Januari 2016 - Desember 2016 (*in-sample*)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	0	26,5	0,5	0	0	25
2	0	11,6	1,5	0	0	0
3	0	2,9	0	0	0	0
4	20	20,2	3	0	0	0
5	0	25	0	0	7,5	0
6	0	17,5	45	2	6	0
7	0	23	0	0,3	8	5
8	24,5	43,5	0	13,5	8,5	0
9	22,3	31,5	5	14,5	25	0
10	23,5	14,3	2,5	0	27	0
11	2	13,5	12	20,5	1	0
12	6,4	0,2	27,6	0	21,5	0
13	0	0,2	57,4	27,5	0	0
14	0	0	3	14	0	11,5
15	0	19,5	23	0	0	0
16	10	2	1	0	0	28
17	0	2,3	0	0	0	0
18	20	0,4	1	1,5	0	5
19	0	11	0,5	0	0,9	14
20	24,7	14,7	0	0	14	0
21	2,7	37,9	0	0	5,7	0,6
22	0,7	36,5	0	0	0	2,4
23	3	56,4	7	0	0	0
24	0	59,2	8,5	0	0	0
25	5	11,5	6	0	0	0
26	0	17	0	0	0	4,4
27	4,5	18,2	87,5	0	32,6	0,6
28	0	32	4,5	11,5	0,2	25,7
29	0	3,4	0,5	13	13,4	0
30	13	-	5,4	0	53	18,8
31	43,1	-	3,1	-	25	-

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 1. (lanjutan)

Tanggal	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	3,7	0	0	35,1	31,4	1,1
2	0	0	0	8,5	0	0,55
3	0	0	5,15	0,5	0	37,3
4	0	0	0	6,5	9,3	8
5	0	0	0	0	0	13,5
6	0	1,4	0	13,4	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	7,9	83,8	3,55
9	0	0	9	47	36,5	7,9
10	0	0	0	13,5	2,7	2,2
11	0	0	11	7,3	32,15	0
12	1,3	3,2	0	0	6,6	0
13	0	31,8	0	0	25,4	14,8
14	0	0	0	0	0,1	0
15	0	1,7	3,7	0	17,8	12,25
16	0	0,4	0	0	22,2	8,4
17	0	0	0	0	22	9
18	1,1	0	0	0	6,2	0
19	0	0	0	0	15,4	11
20	0,6	0	0	16,2	57,4	0,15
21	0,2	0	0	0	4,9	2,2
22	0	0	0	0	0	0
23	4	0	11,8	0	0	0,4
24	0	0	0,15	0	15,1	0
25	0	0	0	0,15	46,6	0,2
26	0	0	22,8	23,7	39,1	0
27	0	0	0	10,6	0	0
28	13,1	9,2	6,5	0,4	6,2	0
29	0	0	0	7,8	0	6,6
30	2,25	0	0	2	32,7	12,8
31	0	0	-	0	-	0

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 2. Data Aktual (Y_t) dan Bangkitan Curah Hujan Per-jam ($\hat{Y}_t$) Januari 2016 – Desember 2016 (*in-sample*)

Bulan	Tgl	Jam	Data Aktual	Data Bangkitan
Januari	1	7.00	0	0
		8.00	0	0
		9.00	0	0
	⋮	⋮	⋮	⋮
	12	7.00	0	6,4
		8.00	0	0,59
		9.00	0	0,95
		⋮	⋮	⋮
		5.00	0	0
		6.00	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Mei	19	7.00	0	0,90
		8.00	0	0,01
		9.00	0	0,09
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Juli	1	7.00	0	0
		8.00	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Oktober	20	7.00	0	0
		8.00	0	0,06
		9.00	0	0,76
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Desember	1	7.00	0	1,10
		8.00	0	0
	⋮	⋮	⋮	⋮
	30	7.00	0	0,54
		8.00	0	0,54
		⋮	⋮	⋮
		6.00	0	0,38
	31	7.00	0	0
		⋮	⋮	⋮
		6.00	0	0

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 3. Data Bangkitan Curah Hujan Harian ($\tilde{Z}_i$) Januari 2016 – Desember 2016 (*in-sample*)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	0	26,5	0,5	0	0	25
2	0	11,6	1,5	0	0	0
3	0	2,9	0	0	0	0
4	20	20,2	3	0	0	0
5	0	25	0	0	7,5	0
6	0	17,5	45	2	6	0
7	0	23	0	0,3	8	5
8	24,5	43,5	0	13,5	8,5	0
9	22,3	31,5	5	14,5	25	0
10	23,5	14,3	2,5	0	27	0
11	2	13,5	12	20,5	1	0
12	6,4	0,2	27,6	0	21,5	0
13	0	0,2	57,4	27,5	0	0
14	0	0	3	14	0	11,5
15	0	19,5	23	0	0	0
16	10	2	1	0	0	28
17	0	2,3	0	0	0	0
18	20	0,4	1	1,5	0	5
19	0	11	0,5	0	0,9	14
20	24,7	14,7	0	0	14	0
21	2,7	37,9	0	0	5,7	0,6
22	0,7	36,5	0	0	0	2,4
23	3	56,4	7	0	0	0
24	0	59,2	8,5	0	0	0
25	5	11,5	6	0	0	0
26	0	17	0	0	0	4,4
27	4,5	18,2	87,5	0	32,6	0,6
28	0	32	4,5	11,5	0,2	25,7
29	0	3,4	0,5	13	13,4	0
30	13	-	5,4	0	53	18,8
31	43,1	-	3,1	-	25	-

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 3. (lanjutan)

Tanggal	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	3,7	0	0	35,1	31,4	1,1
2	0	0	0	8,5	0	0,55
3	0	0	5,15	0,5	0	37,3
4	0	0	0	6,5	9,3	8
5	0	0	0	0	0	13,5
6	0	1,4	0	13,4	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	7,9	83,8	3,55
9	0	0	9	47	36,5	7,9
10	0	0	0	13,5	2,7	2,2
11	0	0	11	7,3	32,15	0
12	1,3	3,2	0	0	6,6	0
13	0	31,8	0	0	25,4	14,8
14	0	0	0	0	0,1	0
15	0	1,7	3,7	0	17,8	12,25
16	0	0,4	0	0	22,2	8,4
17	0	0	0	0	22	9
18	1,1	0	0	0	6,2	0
19	0	0	0	0	15,4	11
20	0,6	0	0	16,2	57,4	0,15
21	0,2	0	0	0	4,9	2,2
22	0	0	0	0	0	0
23	4	0	11,8	0	0	0,4
24	0	0	0,15	0	15,1	0
25	0	0	0	0,15	46,6	0,2
26	0	0	22,8	23,7	39,1	0
27	0	0	0	10,6	0	0
28	13,1	9,2	6,5	0,4	6,2	0
29	0	0	0	7,8	0	6,6
30	2,25	0	0	2	32,7	12,8
31	0	0	-	0	-	0

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 4. Data Aktual Curah Hujan Harian (Z_i) Januari 2017 – Desember 2017 (*out-sample*)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	0	13,9	27,3	2,9	0	0
2	0	2,3	0,1	0	0,6	0
3	7,5	5,4	0,1	88,9	21,3	0
4	3,9	0	0	3,7	1,1	0
5	11,8	0	9,9	0	0	0
6	0,4	4,1	0	0,8	5,6	0
7	2,1	11,8	0	0	5,1	0
8	0	9,3	0	0	1,3	0
9	2,1	13,4	0	0	0	0
10	2,6	4,9	18,3	6,1	0	0
11	16,9	10	0,3	0,1	0	0
12	0,5	15,5	7,4	0	0	5,7
13	3,4	0,8	1	0	0	1,9
14	2,1	18,2	0	0	0	0,1
15	0	0	4,5	0	0	0
16	0	0	0	0	0,1	0
17	21,9	1,2	0,8	0,2	0	0
18	0	29,1	39,5	5,3	0	0
19	15,5	16,9	1,8	19,3	0	4,7
20	0,1	3,4	11,1	0	0	0
21	8,1	0	8,1	34,6	0	0
22	14,5	13,4	0	0	0	0,1
23	10,8	0,1	0	33	0	0
24	80,4	43,8	20,7	6	0	0
25	8,3	12,2	103,2	0,1	0	0
26	2,1	0	1,6	0	1,4	5,3
27	21,5	60,9	1,4	6,8	0,1	0
28	3,1	30,9	0	0	54,2	0
29	4,1	-	0	27,3	2,2	0
30	0	-	16,8	0	2,3	0
31	1,2	-	38,1	-	0	-

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 4. (lanjutan)

Tanggal	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	0,1	0	0	0	6,4
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0,1	0	0	0
4	0	0	19,3	0	0	0
5	0	0	0,1	3,4	0	26,4
6	0	0	0	0	0	23,6
7	0	0	0	30,8	0	0
8	0	0	0	1,3	0	6,6
9	0	0,1	0,2	5,5	0	0,2
10	0	0	0	1,2	0	0
11	0,1	0	0	2,6	0	19,9
12	0	0	0	0	0	1,7
13	0	0	0	0	0	8,4
14	0	0	0	0	0	6,6
15	0	0	0	0,1	0	55,9
16	0	0,2	0	0	0	3,2
17	0	0	4,4	0	0	15,6
18	0	0	0	5,8	0	86,2
19	0	0	0,1	0	0	16,9
20	0	0	0	0	0	1,1
21	8,2	0	0	0	0	7
22	0	0	0	0	0	6,4
23	0	0	0,7	34,1	0	0
24	0	0	10,6	0,1	0	0
25	0	0	15,3	1,1	0	0
26	0,3	0	0,1	0,7	0	7,9
27	52,8	0	0	0,1	11,8	0,3
28	0	0	0	11,6	77,3	0
29	0	0	0	0	0,6	24,5
30	0	0	0	0	2,4	0,4
31	0,1	0	-	0	-	7,2

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 5. Data Aktual (Y_t) dan Bangkitan Curah Hujan Per-jam ($\hat{Y}_t$) Januari 2017 – Desember 2017 (*out-sample*)

Bulan	Tgl	Jam	Data Aktual	Data Bangkitan
Januari	1	7.00	0	0
		8.00	0	0
		9.00	0	0
	⋮	⋮	⋮	⋮
	12	13.00	0	0,02
		14.00	0	0,04
		15.00	0,3	0,07
		⋮	⋮	⋮
		5.00	0	0
		6.00	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Juni	19	13.00	0	0,17
		14.00	4,7	0,22
		15.00	0	0,22
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Juli	1	7.00	0	0
		8.00	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Oktober	25	15.00	1,1	0
		16.00	0	0
		17.00	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Desember	1	7.00	0	0,1
		8.00	2,2	0,38
	⋮	⋮	⋮	⋮
	30	7.00	0	0
		8.00	0	0
		⋮	⋮	⋮
		6.00	0	0
	31	7.00	0	0
		⋮	⋮	⋮
		6.00	0	0

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 6. Data Bangkitan Curah Hujan Harian ($\tilde{Z}_i$) Januari 2017 – Desember 2017 (*out-sample*)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	0	13,9	27,3	2,9	0	0
2	0	2,3	0,1	0	0,6	0
3	7,5	5,4	0,1	88,9	21,3	0
4	3,9	0	0	3,7	1,1	0
5	11,8	0	9,9	0	0	0
6	0,4	4,1	0	0,8	5,6	0
7	2,1	11,8	0	0	5,1	0
8	0	9,3	0	0	1,3	0
9	2,1	13,4	0	0	0	0
10	2,6	4,9	18,3	6,1	0	0
11	16,9	10	0,3	0,1	0	0
12	0,5	15,5	7,4	0	0	5,7
13	3,4	0,8	1	0	0	1,9
14	2,1	18,2	0	0	0	0,1
15	0	0	4,5	0	0	0
16	0	0	0	0	0,1	0
17	21,9	1,2	0,8	0,2	0	0
18	0	29,1	39,5	5,3	0	0
19	15,5	16,9	1,8	19,3	0	4,7
20	0,1	3,4	11,1	0	0	0
21	8,1	0	8,1	34,6	0	0
22	14,5	13,4	0	0	0	0,1
23	10,8	0,1	0	33	0	0
24	80,4	43,8	20,7	6	0	0
25	8,3	12,2	103,2	0,1	0	0
26	2,1	0	1,6	0	1,4	5,3
27	21,5	60,9	1,4	6,8	0,1	0
28	3,1	30,9	0	0	54,2	0
29	4,1	-	0	27,3	2,2	0
30	0	-	16,8	0	2,3	0
31	1,2	-	38,1	-	0	-

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 6. (lanjutan)

Tanggal	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	0,1	0	0	0	6,4
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0,1	0	0	0
4	0	0	19,3	0	0	0
5	0	0	0,1	3,4	0	26,4
6	0	0	0	0	0	23,6
7	0	0	0	30,8	0	0
8	0	0	0	1,3	0	6,6
9	0	0,1	0,2	5,5	0	0,2
10	0	0	0	1,2	0	0
11	0,1	0	0	2,6	0	19,9
12	0	0	0	0	0	1,7
13	0	0	0	0	0	8,4
14	0	0	0	0	0	6,6
15	0	0	0	0,1	0	55,9
16	0	0,2	0	0	0	3,2
17	0	0	4,4	0	0	15,6
18	0	0	0	5,8	0	86,2
19	0	0	0,1	0	0	16,9
20	0	0	0	0	0	1,1
21	8,2	0	0	0	0	7
22	0	0	0	0	0	6,4
23	0	0	0,7	34,1	0	0
24	0	0	10,6	0,1	0	0
25	0	0	15,3	1,1	0	0
26	0,3	0	0,1	0,7	0	7,9
27	52,8	0	0	0,1	11,8	0,3
28	0	0	0	11,6	77,3	0
29	0	0	0	0	0,6	24,5
30	0	0	0	0	2,4	0,4
31	0,1	0	-	0	-	7,2

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. Bahasa Pemrograman R (Christoph Ritschel, 2017) dan *output*

Statistik Data Aktual Curah Hujan Per-jam 2016 (*in-sample*)

```
> x<-read.csv(file.choose(),header = T,sep = ";")
> vita=function(x,i){
+   l<-subset(x,Bulan==i)
+   TS.stats(l[,2],acc.vals = c(1,24))
+ }
> l1<-as.matrix(vita(x,1))
> l2<-as.matrix(vita(x,2))
> l3<-as.matrix(vita(x,3))
> l4<-as.matrix(vita(x,4))
> l5<-as.matrix(vita(x,5))
> l6<-as.matrix(vita(x,6))
> l7<-as.matrix(vita(x,7))
> l8<-as.matrix(vita(x,8))
> l9<-as.matrix(vita(x,9))
> l10<-as.matrix(vita(x,10))
> l11<-as.matrix(vita(x,11))
> l12<-as.matrix(vita(x,12))
> lm<-cbind(l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,l8,l9,l10,l11,l12)
```

Output statistik Data Aktual Curah Hujan Per-jam 2016 (*in-sample*)

```
> lm
              [,1]          [,2]         [,3]       [,4]        [,5]
mean.1   0.3029570    0.79295977    0.4106183  0.1643056   0.3350806
var.1    4.1945000    8.06072734    5.6204120  1.3750941   4.3329400
var.24 121.8201290 266.09650246  389.0212258 55.3825402 164.8851828
cov.1    0.6255265    2.46972948    3.5975773  0.5517717   0.7628389
cov.24  12.3488906  134.16240436  -10.4181823  8.4284596  44.0426176
pz.1     0.9543011    0.86350575    0.9247312  0.9708333   0.9475806
pz.24    0.4838710    0.03448276    0.2903226  0.6666667   0.4838710
              [,6]          [,7]           [,8]        [,9]       [,10]
mean.1   0.1958333   0.035282258   0.0641129032  0.09736111   0.2695565
var.1    1.6350591   0.260264254   0.6571356858  1.12055631   2.7880592
var.24  74.6317241   6.247822581  34.5911182796 26.88843678 124.5784462
cov.1    0.5742141   0.008968543  -0.0006482472  0.04459098   0.8794930
cov.24 -12.9810000  -0.635218858   0.8605135779 -5.58301148  18.5718610
pz.1     0.9541667   0.985215054   0.9784946237  0.98055556   0.9301075
pz.24    0.6000000   0.741935484   0.8064516129  0.73333333   0.4838710
             [,11]       [,12]
mean.1   0.7132639   0.2041667
var.1   14.5032348   1.2756219
var.24 423.7869799  60.9573333
cov.1    3.6499369   0.3209952
cov.24  14.9237582  -0.8072581
pz.1     0.8708333   0.9059140
pz.24    0.3000000   0.3870968
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

Fungsi TS.stats untuk perhitungan statistik

```
> TS.stats
function(x,acc.vals=c(1,3,12,24))
  ## initialize array
  Statistik <- array(NA,dim=c(length(acc.vals),3))
  ## loop over accumulation values
  for(i in 1:length(acc.vals)) {
    ts <- TS.acc(x,acc.vals[i]
    if(i==1) stats.mean <- mean(ts,na.rm=T) # Mean for first level of
aggregation
    Statistik[i,1] <- var(ts,na.rm=T) # Var for all agg levels
    Statistik[i,2] <-
acf(ts,lag.max=1,type="covariance",plot=F)$acf[2,1,1]
    Statistik[i,3] <- length(ts[ts==0])/length(ts) # Prob.Zero 24h
  }
  stats <- c(stats.mean,as.vector(Statistik))
  names(stats) <-
c(paste("mean.",acc.vals[1],sep=""),paste("var.",acc.vals,sep=""),

paste("cov.",acc.vals,sep=""),paste("pz.",acc.vals,sep=""))
  ## return vector of statistics
  return(stats)
```

Pendugaan Parameter BLRP Data Aktual Curah Hujan 2016 (*in-sample*)

```
# 2016 jan
mean1 = lm[1,1]
var1 = lm[2,1]
var24 = lm[3,1]
cov1lag1 = lm[4,1]
cov24lag1 = lm[5,1]
pdr1 = lm[6,1]
pdr24 = lm[7,1]
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parjan = par$`bestpar`
parjan
# 2016 feb
mean1 = lm[1,2]
var1 = lm[2,2]
var24 = lm[3,2]
cov1lag1 = lm[4,2]
cov24lag1 = lm[5,2]
pdr1 = lm[6,2]
pdr24 = lm[7,2]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parfeb = par$`bestpar`
parfeb
# 2016 mar
mean1 = lm[1,3]
var1 = lm[2,3]
var24 = lm[3,3]
cov1lag1 = lm[4,3]
cov24lag1 = lm[5,3]
pdr1 = lm[6,3]
pdr24 = lm[7,3]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
parmar = par$`bestpar`
parmar
# 2016 apr
mean1 = lm[1,4]
var1 = lm[2,4]
var24 = lm[3,4]
cov1lag1 = lm[4,4]
cov24lag1 = lm[5,4]
pdr1 = lm[6,4]
pdr24 = lm[7,4]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parapr = par$`bestpar`
parapr
# 2016 mei
mean1 = lm[1,5]
var1 = lm[2,5]
var24 = lm[3,5]
cov1lag1 = lm[4,5]
cov24lag1 = lm[5,5]
pdr1 = lm[6,5]
pdr24 = lm[7,5]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parmei = par$`bestpar`
parmei
# 2016 jun
mean1 = lm[1,6]
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
var1 = lm[2,6]
var24 = lm[3,6]
cov1lag1 = lm[4,6]
cov24lag1 = lm[5,6]
pdr1 = lm[6,6]
pdr24 = lm[7,6]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parjun = par$`bestpar`
parjun
# 2016 jul
mean1 = lm[1,7]
var1 = lm[2,7]
var24 = lm[3,7]
cov1lag1 = lm[4,7]
cov24lag1 = lm[5,7]
pdr1 = lm[6,7]
pdr24 = lm[7,7]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parjul = par$`bestpar`
parjul
# 2016 agt
mean1 = lm[1,8]
var1 = lm[2,8]
var24 = lm[3,8]
cov1lag1 = lm[4,8]
cov24lag1 = lm[5,8]
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
pdr1 = lm[6,8]
pdr24 = lm[7,8]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
paragt = par$`bestpar`
paragt
# 2016 sep
mean1 = lm[1,9]
var1 = lm[2,9]
var24 = lm[3,9]
cov1lag1 = lm[4,9]
cov24lag1 = lm[5,9]
pdr1 = lm[6,9]
pdr24 = lm[7,9]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parsep = par$`bestpar`
parsep
# 2016 okt
mean1 = lm[1,10]
var1 = lm[2,10]
var24 = lm[3,10]
cov1lag1 = lm[4,10]
cov24lag1 = lm[5,10]
pdr1 = lm[6,10]
pdr24 = lm[7,10]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parokt = par$`bestpar`
parokt
# 2016 nov
mean1 = lm[1,11]
var1 = lm[2,11]
var24 = lm[3,11]
cov1lag1 = lm[4,11]
cov24lag1 = lm[5,11]
pdr1 = lm[6,11]
pdr24 = lm[7,11]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
parnov = par$`bestpar`
parnov
# 2016 des
mean1 = lm[1,12]
var1 = lm[2,12]
var24 = lm[3,12]
cov1lag1 = lm[4,12]
cov24lag1 = lm[5,12]
pdr1 = lm[6,12]
pdr24 = lm[7,12]
par <- eas
(n=6,m=8,xmin,xmax,xlow,xup,fn=objfun,maxeval=1500,ftol=1e-
07,ratio=0.99,pmut=0.9,beta=2,maxclimbs=5)
par
pardes = par$`bestpar`
pardes
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
# parblrp
parblrp = cbind
(parjan,parfeb,parmar,parapr,parmei,parjun,parjul,
paragt,parsep,parokt,parnov,pardes)
parblrp
```

Output Parameter BLRP Data Aktual Curah Hujan 2016 (*in-sample*)

```
> parblrp<-cbind(parjan,parfeb,parmar,parapr,parmei,parjun,parjul,paragt,pa$
> parblrp
          parjan     parfeb      parmar     parapr      parmei    parjun
[1,] 17.49461460  6.1149892  6.64930747 3.44410737 16.13208461 9.8247915
[2,]  0.02995337  0.0954001  0.05037045 0.01583977  0.02921795 0.0220137
[3,]  2.71627945  1.5680895  0.07444358 0.44468943  2.66861769 2.7591360
[4,]  1.77445341  0.6681714  8.04938140 0.53708761  2.58474446 2.2700008
[5,]  0.94314101  0.8732527  0.85241642 0.10934782  0.88047739 0.7378237
[6,] 16.87218999 11.4742059 47.78729468 8.33580367 12.50473777 5.5256668
          parjul      paragt      parsep      parokt      parnov      pardes
[1,] 19.98285232 9.359505401 18.34555184 2.98486913 12.82747324 19.96719046
[2,]  0.01178664 0.008394147  0.01499746 0.02831999  0.04660224  0.03958324
[3,]  0.68655109 2.799323777  0.43579414 0.94530510  2.78518147  6.66170739
[4,]  3.88661839 1.056727220  3.44932258 0.72639114  3.53189808  0.00001000
[5,]  0.71608075 0.223390615  0.37464701 0.28707836  0.94413720  0.79736519
[6,] 13.37856010 0.000010000 22.94896844 4.74925473 12.13440912  9.80214930
```

Fungsi EAS untuk optimasi fungsi objektif

```
> eas
function (n, m, xmin, xmax, xlow, xup, fn, maxeval = 1500, ftol =
1e-07,
    ratio = 0.99, pmut = 0.9, beta = 2, maxclimbs = 5)
{
    mvector <- 1:m
    pop <- mat.or.vec(nr = m, nc = n)
    for (i in 1:n) {
        pop[, i] <- runif(n = m, min = xmin[i], max = xmax[i])
    }
    fpop <- apply(pop, 1, fn)
    temperature <- max(fpop) - min(fpop)
    neval <- m
    iter <- 0
    repeat {
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
iter <- iter + 1
meanpop <- apply(pop, 2, mean)
sdpop <- apply(pop, 2, sd)
sn <- sample(mvector, size = n + 1)
s <- pop[sn, ]
fns <- fpop[sn]
s1position <- which.min(fns)
sn1position <- which.max(fns)
if (temperature > beta * (max(fns) - min(fns))) {
   temperature <- beta * (max(fns) - min(fns))
}
gsfunction <- fns[-s1position] + runif(n, min = 0, max = 1) *
   temperature
wposition <- which.max(gsfunction)
wpopposition <- sn[-s1position][wposition]
w <- s[-s1position, ][wposition, ]
fnw <- fns[-s1position][wposition]
g <- (apply(s, 2, sum) - w)/n
r0 <- g + (0.5 + runif(1)) * (g - w)
r0 <- ifelse(r0 < xup, ifelse(xlow < r0, r0, xlow), xup)
fnr0 <- fn(r0)
neval <- neval + 1
if (neval >= maxeval) {
   if (fnr0 < fnw) {
      w <- r0
      pop[wpopposition, ] <- w
      fpop[wpopposition] <- fnw
   }
   ftolpop <- 2 * abs(max(fpop) - min(fpop))/(abs(max(fpop))
+
      abs(min(fpop)))
   if (is.infinite(ftolpop)) {
      ftolpop <- 2 * abs(max(fpop) - min(fpop))
   }
   if (is.nan(ftolpop)) {
      ftolpop <- 0
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
        }
        break
    }
    if (fnr0 < fnw) {
        if (fnr0 < fns[s1position]) {
            ns <- 1
            r01 <- r0
            fnr01 <- fnr0
            repeat {
              ns <- ns + runif(1, min = 0, max = 1)
              rs <- g + ns * (r0 - g)
              neval <- neval + 1
              if (any(rs > xup) || any(rs < xlow)) {
                rs <- ifelse(rs < xup, ifelse(xlow < rs,
                  rs, xlow), xup)
                fnrs <- fn(rs)
                if (fnrs < fnr01) {
                  w <- rs
                  fnw <- fnrs
                }
                else {
                  w <- r01
                  fnw <- fnr01
                }
                break
              }
              fnrs <- fn(rs)
              if (fnrs < fnr01) {
                if (neval >= maxeval) {
                  w <- rs
                  fnw <- fnrs
                  break
                }
                else {
                  r01 <- rs
                  fnr01 <- fnrs
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
            }
          }
          else {
            w <- r01
            fnw <- fnr01
            break
          }
        }
        pop[wpopposition, ] <- w
        fpop[wpopposition] <- fnw
      }
      else {
        r1 <- g + (0.25 + 0.5 * runif(1)) * (r0 - g)
        r1 <- ifelse(r1 < xup, ifelse(xlow < r1, r1,
          xlow), xup)
        fnr1 <- fn(r1)
        neval <- neval + 1
        if (fnr1 < fnr0) {
          w <- r1
          fnw <- fnr1
        }
        else {
          w <- r0
          fnw <- fnr0
        }
        pop[wpopposition, ] <- w
        fpop[wpopposition] <- fnw
      }
    }
    else {
      if (fnr0 - runif(1, min = 0, max = 1) * temperature >
        fnw + runif(1, min = 0, max = 1) * temperature) {
        temperature <- ratio * temperature
        r1 <- g - (0.25 + 0.5 * runif(1)) * (g - w)
        r1 <- ifelse(r1 < xup, ifelse(xlow < r1, r1,
          xlow), xup)
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
        fnr1 <- fn(r1)
        neval <- neval + 1
        if (fnr1 < fnw) {
          w <- r1
          fnw <- fnr1
          pop[wpopposition, ] <- w
          fpop[wpopposition] <- fnw
        }
        else {
          mcon <- 0.5 * (t(t(s[-s1position, ]) + s[s1position,
            ]))
          fmcon <- apply(mcon, 1, fn)
          neval <- neval + n
          pop[sn[-s1position], ] <- mcon
          fpop[sn[-s1position]] <- fmcon
        }
      }
      else {
        ns <- 1
        r01 <- r0
        fnr01 <- fnr0
        for (i in 1:maxclimbs) {
          ns <- ns + runif(1)
          rs <- g + ns * (r0 - g)
          neval <- neval + 1
          if (any(rs > xup) || any(rs < xlow)) {
            rs <- ifelse(rs < xup, ifelse(xlow < rs,
              rs, xlow), xup)
            fnrs <- fn(rs)
            if (fnrs < fnr01) {
              w <- rs
              fnw <- fnrs
            }
            break
          }
          fnrs <- fn(rs)
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
            if (fnrs < fnr01) {
              w <- rs
              fnw <- fnrs
              break
            }
            else {
              if (neval >= maxeval) {
                break
              }
              else {
                r01 <- rs
                fnr01 <- fnrs
              }
            }
          }
          if (fnrs < fnr01) {
            pop[wpopposition, ] <- w
            fpop[wpopposition] <- fnw
          }
          else {
            samplen <- sample(c(-1, 1), size = n, replace = TRUE)
            a <- ifelse(xup < meanpop + sdpop, meanpop +
              sdpop, xup)
            b <- ifelse(meanpop - sdpop < xlow, meanpop -
              sdpop, xlow)
            newpoint <- ifelse(samplen > 0, runif(n, min =
meanpop +
              sdpop, max = a), runif(n, min = b, max = meanpop -
              sdpop))
            newpoint <- ifelse(newpoint < xup, ifelse(xlow <
              newpoint, newpoint, xlow), xup)
            fnnewpoint <- fn(newpoint)
            neval <- neval + 1
            if (fnnewpoint < fnr0) {
              w <- newpoint
              fnw <- fnnewpoint
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

```
            }
            else {
              if (runif(1, min = 0, max = 1) <= pmut) {
                w <- newpoint
                fnw <- fnnewpoint
              }
              else {
                w <- r0
                fnw <- fnr0
              }
            }
            pop[wpopposition, ] <- w
            fpop[wpopposition] <- fnw
          }
        }
      }
      ftolpop <- 2 * abs(max(fpop) - min(fpop))/(abs(max(fpop)) +
        abs(min(fpop)))
      if (is.nan(ftolpop)) {
        ftolpop <- 0
      }
      if (is.infinite(ftolpop)) {
        ftolpop <- 2 * abs(max(fpop) - min(fpop))
      }
      if (ftolpop < ftol || neval >= maxeval) {
        break
      }
      if (temperature > beta * (max(fpop) - min(fpop))) {
        temperature <- beta * (max(fpop) - min(fpop))
      }
    }
    return(list(bestpar = pop[which.min(fpop), ], bestval =
min(fpop),
      nfeval = neval, niter = iter, ftolpop = ftolpop, pop = pop))
}
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

Statistik Data Aktual Curah Hujan Per-jam 2017 (*out-sample*)

```
> vitas=function(xx,i){
+   l<-subset(xx,Bulan==i)
+   TS.stats(l[,2],acc.vals = c(1,24))
+ }
> y1<-as.matrix(vitas(xx,1))
> y2<-as.matrix(vitas(xx,2))
> y3<-as.matrix(vitas(xx,3))
> y4<-as.matrix(vitas(xx,4))
> y5<-as.matrix(vitas(xx,5))
> y6<-as.matrix(vitas(xx,6))
> y7<-as.matrix(vitas(xx,7))
> y8<-as.matrix(vitas(xx,8))
> y9<-as.matrix(vitas(xx,9))
> y10<-as.matrix(vitas(xx,10))
> y11<-as.matrix(vitas(xx,11))
> y12<-as.matrix(vitas(xx,12))
> lm<-cbind(y1,y2,y3,y4,y5,y6,y7,y8,y9,y10,y11,y12)
```

Output statistik Data Aktual Curah Hujan Per-jam 2017 (*out-sample*)

```
> lm
             [,1]        [,2]        [,3]        [,4]        [,5]
mean.1   0.3291667   0.4784226   0.4193548   0.3265278   0.1280914
var.1    2.8366313   8.1192506   5.8850354   6.4267640   1.6175544
var.24 224.4500000 211.4918915 422.8076989 332.2444713 105.7033118
cov.1    1.2897832   1.9881031   2.2280718   1.5837454   0.7881270
cov.24   3.6732258  11.4593381  19.0618012 -41.6532448  -3.2632681
pz.1     0.8319892   0.8333333   0.8897849   0.9444444   0.9381720
pz.24    0.2258065   0.2142857   0.3548387   0.5000000   0.6129032
             [,6]        [,7]        [,8]        [,9]       [,10]
mean.1 0.024722222  0.08266129  5.376344e-04  0.07069444  0.1322581
var.1  0.071432468  0.76310408  5.354636e-05  0.85606628  2.1203577
var.24 2.611678161 91.10606452  1.827957e-03 22.50033333 67.3579785
cov.1  0.005554630  0.36166599 -2.894393e-07  0.06755091  0.4480387
cov.24 0.003554074 -3.54533618 -1.302407e-04  2.85836630 -8.3866500
pz.1   0.973611111  0.96639785  9.946237e-01  0.97777778  0.9287634
pz.24  0.800000000  0.83870968  9.032258e-01  0.66666667  0.5483871
            [,11]       [,12]
mean.1   0.1279167   0.4467742
var.1    1.8992057   4.4592830
var.24 201.3070000 339.5898065
cov.1    1.5179340   2.2181100
cov.24  22.5052033  21.9341147
pz.1     0.9652778   0.8266129
pz.24    0.8666667   0.2903226
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. (lanjutan)

Output Parameter BLRP Data Aktual Curah Hujan 2017 (*out-sample*)

```
> parblrp17
      parsjan17   parsfeb17  parsmar17   parsapr17  parsmei17    parsjun17
a   12.35856130  3.06515271 5.87739536  5.17491231 8.09686527  1.383451459
l    0.01195198  0.06589729 0.03960344  0.03203904 0.01851422  0.009301095
v    6.05097300  0.04875181 5.74510324  0.65808042 0.61045165  0.000010000
k    6.71886504  0.70692098 0.72718904  3.06444361 6.56586022  0.564082592
f    0.85376202  0.07016615 0.90234029  0.69116487 0.96385094  0.999990000
mux  3.40631536 27.72593944 4.88729476 11.83218729 9.40544027 42.163442316
      parsjul17    parsagt17  parssep17   parsokt17   parsnov17  parsdes17
a   13.42536288  4.206193857  3.9603012 19.08700758 4.747300849 6.67741648
l    0.00616596  0.005140804  0.0000100  0.02493911 0.004505092 0.03771129
v    2.48019065  0.000010000  9.4732087  0.12761436 5.436166819 6.21863314
k    7.54232079  9.407634919  0.2859533  5.51778028 2.638498254 2.73252063
f    0.27044585  0.026385400  0.7305161  0.54939793 0.956529119 0.64359352
mux  1.99170466 53.614775720 30.2477032 78.50189941 5.197316259 2.11641899
```

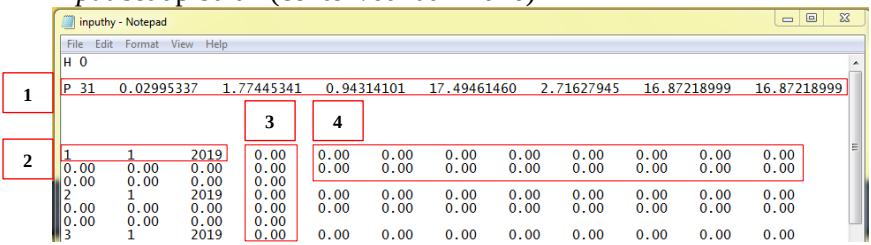
Uji Komparasi (uji *t*) setiap bulan (contoh: bulan Januari 2016)

```
> t.test(nilaijan ~ jenisjan, data = bulanFT, var.equal = FALSE)

        Welch Two Sample t-test

data:  nilaijan by jenisjan
t = 0.33156, df = 983.02, p-value = 0.7403
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.1322221  0.1859856
sample estimates:
mean in group 1 mean in group 2
      0.3029570       0.2760753
```


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 8. Pembangkitan dengan Progam *Hyetos* (D. Koutsoyiannis dan C. Onof, 1993) dan *output*

Input setiap bulan (contoh: Januari 2016)



keterangan:

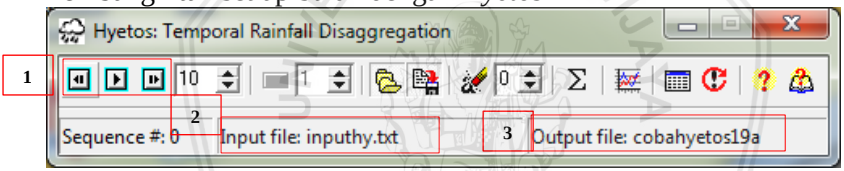
1: paramater (lambda, kappa, psi, alfa, ni, mux, sigx)

2: tanggal (dd/mm/yyyy)

3: total curah hujan per hari (satuan mm)

4: curah hujan per jam (satuan mm)

Pembangkitan setiap bulan dengan *Hyetos*



keterangan:

1: tombol untuk memulai simulasi

2: file *input* setiap bulan

3: file *output* hasil simulasi setiap bulan yang akan disimpan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA